Oceanogr. Soc. Japan Journal
LIBRARY
DEC 13 1960
WILDLIFE SERVICE
ND C
16(1)

日本海洋学會誌

JOURNAL OF THE OCEANOGRAPHICAL SOCIETY OF JAPAN

Volume 16, Number 1 MARCH 1960

CONTENTS

柏村正和：噴火湾内の沿岸流 ..... 1～5

奥田節夫：内湾締切後に於ける淡塩水の交換 ..... 7～14

今西　襄：海洋魚における無機化学成分の研究—II.「かつお」および「まつかさうお」に含まれる化学元素について ..... 15～17

今西　襄：海洋魚における無機化学成分の研究—III.「かつお」および「まつかさうお」におけるアルカリ金属元素およびアルカリ土類金属元素の分布と相対量 ..... 19～23

西村三郎：マイワシ発生初期卵群の海中における行動 ..... 25～35

録事 ..... 37～39

M. KASHIWAMURA: *The Coastal Current in the Volcano Bay* (in Japanese) ..... 1～5

S. OKUDA: *The Exchange of Fresh and Salt Waters in the Bay after Closing the Outlet* (in Japanese) ..... 7～14

N. IMANISHI: *Studies on the Inorganic Chemical Constituents of Marine Fishes—II. On the Chemical Elements Contained in Ashes of* Katsuwonus pelamis *and* Monocentris japonica (in Japanese) ..... 15～17

N. IMANISHI: *Studies on the Inorganic Chemical Constituents of Marine Fishes—III. On the Distribution and the Relative Quantities of Alkaline Elements and Alkaline Earth Elements in* Katsuwonus pelamis *and* Monocentris japonica (in Japanese) ..... 19～23

S. NISHIMURA: *Underwater Behaviour of the Early-stage Egg Population of the Japanese Sardine* (in Japanese) ..... 25～35

Proceedings ..... 37～39

Published quarterly by the

Oceanographical Society of Japan

c/o Geophysical Institute, University of Tokyo

Yayoi-cho, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

日本海洋学会

日本海洋学会誌編集委員会

委員長　松江吉行（東京大学農学部）
委　員　中野猿人（気象庁）
南日俊夫（気象研究所）
新野　弘（東京水産大学）
深井麟之助（東海区水産研究所）
吉田耕造（東京大学理学部）
小牧勇蔵（東京大学農学部）

日本海洋学会誌投稿規定

1. 投稿資格　報文の投稿者は，原則として本会々員に限る．但し会員外の協同研究者を含むことは差支えない．

2. 報文の受理　編集委員会が報文を受理した日をもつて受理日と定める．尚受理報文は，原則としてすでに公の会で講演されたもので，未印刷のものに限る．特に日本海洋学会の年会又は月例会で講演されたものであることが望ましい．原稿には講演の年月日・会名・場所を附記されたい．

報文の原稿は，東京都文京区向ケ丘彌生町東京大学理学部地球物理学教室内日本海洋学会事務局宛直送のこと．

3. 報文の用語　報文の用語は，和文（英文の要約を含む）又は欧文（原則として英語）の何れでもよい．

4. 原稿の書き方　報文は簡潔にわかり易く書き，図表を含めて**印刷頁で10頁以内**（和文では400字詰原稿用紙図表を含めて約45枚以内，欧文では通常のタイプライター用紙に，ダブル・スペース25行で，図表を含めて約25枚以内）を原則とし，それを超える時は，1頁につき1,500円の実費を申受ける．**なお著者は必ず原稿の写しを保管しておくこと．**

原稿を書く時には，次のことがらに留意されたい．

（a）和文原稿は，原稿用紙に読み易い字体で書き，欧文原稿は厚手の用紙にダブル・スペースでタイプすること．

（b）報文の始めには，題名・著者名・所属機関名を明示すること．和文（英文）原稿では，之等の項目を英文（和文）でも附記すること．

（c）和文原稿には，本文の始めに英文の要約を附すること．

（d）図はそのまま版下になるように，黒インク又は墨で書くこと．図の大きさ(特に図の中の数字等)は印刷時の縮少を考慮して書くこと．

（e）図及び表はなるべく少くしていただきたい．図8枚を超える場合及び特殊なものに対しては，実費を申受けることがある．

（f）図及び表には必ず説明をつけ，和文原稿でも図表の説明は英文で書くこと．

（g）数式は行を開けて，明瞭に書くこと．

（h）引用文献は，報文の最後にまとめてつけ，和文の場合には通し番号をつけ番号順に，欧文の場合には，著者のアルファベット順に並べること．

（i）人名（和文中の外国人名を含む）はスモール・キヤピタルを用いる．

（j）論文の型式は第12巻以後の各号を参照して，之にしたがうこと．

5. 編集　日本海洋学会誌の編集は，編集委員会で行う．編集委員会は，事情により原稿中の字句の加除訂正を行い，或いは著者に請求することがある．内容の如何によつては原稿を受理しないことがある．初校は原則として著者が行う．

6. 別刷　別刷は報文一編につき50部を無料で著者に進呈する．これ以上の部数に対しては，実費（送料を含む）を徴収する．

7. 各号の原稿締切予定及び発刊予定日

	原稿締切	発刊予定日
第1号	1月末日	3月末日
第2号	4月末日	6月末日
第3号	7月末日	9月末日
第4号	10月末日	12月末日

The Journal of the Oceanographical Society of Japan
Vol. 16, No. 1 March 1960

噴火湾内の沿岸流*

柏村正和**

The Coastal Current in the Volcano Bay

By

Masakazu KASHIWABARA

Abstract: The Volcano Bay, situated on the south-west of Hokkaido, has a shape of an approximate circle with a diamater of about 50 km. The south-east side of the bay, about 27 km wide, is opened to the Pacific Ocean. The author investigated the annual change of the coastal current in the bay by the use of a simple type of a current-indicator made of a wooden plate, drift bottles and other oridinary current-meters. As a result of these investigations, it can be concluded that:

1. Over the whole region of the Volcano Bay, there exists a predominant circular coastal current which turns in clockwise direction in the period between May and August, and in the opposite direction from October to March.
2. The predominant circular current can be understood to be induced by the current outside the bay.
3. The oridinary coastal current is a superposition of the circular coastal current, the other flow induced by wind and waves, and a tidal current.

1. 緒　言

噴火湾(内浦湾)は北海道南西部の太平洋に面して位置し直径約 50 km のほぼ円形の湾で，その南東部は室蘭から駒ケ岳のふもとの砂崎に至る約 27 km が開口して太平洋につながっている．湾内の岸近くは海底勾配がかなり急であるが，中央の広大な部分の海底は比較的平坦であつて最大水深は約 100 m である．この湾内の流れは複雑であつて以前に一年間のある時期における噴火湾全域の詳細な調査が行なわれたことはあつたが,[1] 一年を通じての流れの実態は現在まできわめて把握し難いものとされていた．

筆者は昭和 32 年 5 月から同 33 年 7 月の間，噴火湾南西海岸の浸食調査に参加する機会を得，これに関連してこの海域の沿岸流に関する一年以上の資料を得ることができた．整理の結果としてこの湾内には夏期と冬期とで向きを異にする一つの大きな環状沿岸流の存在することが認められた．

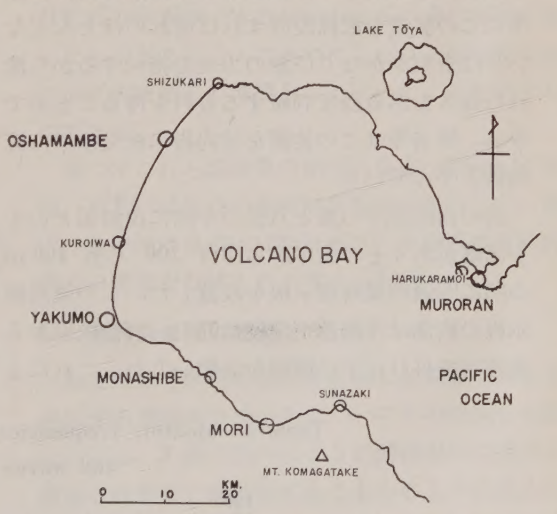


Fig. 1. The whole region of the Volcano Bay (Utiura Bay).

又同時にその流れの成因に対し各方面の資料をもとにして考察を行なつた．

* 1960 年 1 月 25 日受理

** 北海道大学工学部理学第一研究室 Department of Applied Physics, Faculty of Engineering, Hokkaido University.

2. 流れの観測方法について

一年を通じての流向の定時観測には下記のような装置を使用した．長さ約 180 cm の板を Fig. 2

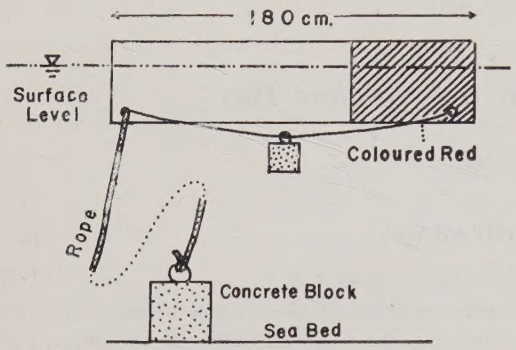


Fig. 2. Illustration of a current-indicator. The red-coloured side of the plate indicates a direction of a current.

の如く海面に横に立つて浮くように小さなおもりをつける．板の一端はロープで海底に沈めたコンクリートブロックに結ぶ．板の別の一端を赤く他の部分は白く塗つておく．この板は流れの方向に向き赤い端は流向を指示するからこの装置を比較的海岸に近い海上に設置すれば陸上から常に流向を観測することができる．風の影響を除く為に陸上から識別し得る範囲で板の海中にある部分を多くするようにおもりを加減する必要がある．一箇所にこの装置を数箇設置すれば流れのほとんどない時は各板がかなり任意の方向を指示するから流れの強さをある程度判断する資料を得ることができる．筆者等はこの装置を流向指示板又は単に流向板と呼んでいる．

湾の南西海岸の森と八雲の中間に茂無部（もなしべ）という小部落がありその海岸から沖合 100 乃至 400 m の間に四箇の流向指示板を設置した．この流向指示板の観測は茂無部小学校に託し，同校校庭から望遠鏡で毎日正午に観測をお願いした．これによつて同時刻の沿岸流が左向き（北上）か右向き（南下）かについて昭和 32 年 5 月から 33 年 7 月にいたる間の記録を得た．これらは単に流向のみの記録なので同期間中，数日にわたつて漂流瓶や EKMAN-MERZ 流速計，小野式自記流速計による沿岸流測定も行なつた．

3. 南西海岸の沿岸流

夏期における筆者の流速計を用いた実測によれば南西海岸附近の沿岸流には潮流の成分よりももつと不規則な流れが主要な成因であることが認められた数時間で流れが転向することもあれば 10 日以上も同一流向を持続することもある．又夏期に水深 20 m 位の地点において EKMAN-MERZ 流速計で一昼夜観測を一回，その他の観測を数回行なつた結果によると流向は鉛直方向にわたつてあまり変らず上層下層共ほとんど同一方向を示していた．

流向指示板による毎日正午の茂無部の流向記録から流向を北上と南下に分けてその度数を一年にわたつて調べた結果は Table 1 に示すとおりである．この流向の観測と同時に波の押寄せて来る方向をも毎日同時刻に記録したがそれも同じ表に記してある．茂無部附近の汀線に直角に沖に向かつて右を right zone，左を left zone とし波がいずれの zone から来るものであるかを記したものである．これら流向又は波向の月別度数は上下合わせるとその月の日数に等しくならねばならないが，吹雪ガス又は装置の故障，流失等のため観測できない日がありその月の日数に満たぬ場合もある．

Table 1 から次ぎの重要な事実を認めることができる．即ち，南西海岸では 10 月から 2 月頃（3 月は不明）までの冬期に南下流が多く，5 月から 8 月までの夏期に北上流が多い．4 月と 9 月は北上

Table 1. Monthly frequencies of directions of coastal currents and waves at Monashibe.

		1957 May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	1958 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.
Direction of currents	To South	...	11	4	6	13	20	10	24	25	8	...	12	8	13	...
	To North	1	17	23	21	14	8	...	7	2	...	3	17	23	15	1
Direction of waves	From left zone	...	...	1	3	5	10	3	19	20	18	27	16	8	3	...
	From right zone	...	...	12	26	19	17	15	11	10	8	4	14	23	27	...

南下が相なかばする．結局一年のうち夏期と冬期とで卓越する流向が転向するのである．

又波向について見ると 12 月から 3 月までは left zone (NE～NW) から 5 月から 11 月までは right zone (NE～SE) からのものが多く 4 月頃両者が等しい割合で出現する．STOKES の有限振幅波の理論的取扱いで明らかなように，波はその進行方向に水の質量輸送をおこす．従つて波が海岸線に斜めに入射する時は surf zone の内部に強い沿岸流を発生することがよく知られている．[2] 茂無部附近は岩石海岸に近く surf zone はせまくて流向指示板のほとんどがその沖側にあるが，上記のような波がかなり持続すれば吹送流とあいまつて surf zone の沖側にも同方向の沿岸流を伴なうであろう．Table 1 の流向と波向の頻度を対比すると上記の関係がかなり顕著のように思われる．即ち一般に right zone からの波の多い期間に北上流が多く，逆に left zone の場合には南下流が多い．しかし Table 1 における両者の関係についてはさらにくわしい検討が必要であつてこれは 5 節に述べることにする．

4. 噴火湾全域の沿岸流

以上の南西海岸沿岸流の記録と次ぎに述べる筆者等が行なつた漂流瓶による流れの調査結果とを以て噴火湾全域の沿岸流の傾向を知ることができる．

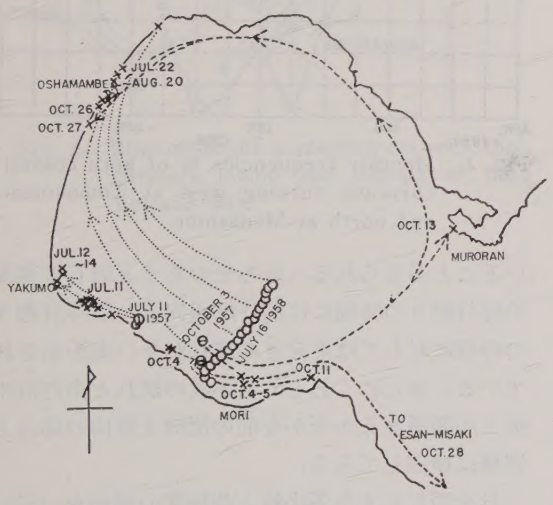


Fig. 3. Tracks of drift-bottles.
○ .....Starting point.
× .....Arrival point.

漂流瓶は適当な空びんを利用し海面で風によつて転動しないように砂を適量入れ赤く封印した口だけが海面上に出るようにした．第 1 回，第 2 回は各 50 本，第 3 回は 100 本を投入した．投入地点，月日，漂着地点等は Fig. 3 に示す通りである．これによると 7 月に投入した第 1 回と第 3 回はすべて北の方に流れており同時期の南西海岸の卓越流向と一致しいる．

西海岸の静狩から八雲の間は砂浜海岸でこの一帯は漂流瓶の拾得率は高かつたが湾内のその他の海岸はおおむね岸石海岸で拾得率が低い．岩石海岸では破壊されたり発見されなかつたりするものが多い為と思われる．昭和 7 年 8 月に行われた噴火湾全域のくわしい観測によると[1] この時期は湾内は時計廻りの環流をなしている．今回 7 月の漂流瓶による結果では岩石海岸での拾得がなかつたが上記の観測結果と比較して，やはり湾内に時計廻りの環流があつたと思われる．第 2 回目は 10 月に行なつたものであつてこの時期は前記の茂無部の流向記録によると南西海岸の沿岸流は冬型に属し南下する期間であり漂流瓶の結果もそれに合致している．湾を出て遠く恵山岬に達したものもあるが注目を要するのは投入後南下し湾口をよこぎつて 10 日目に室蘭ハルカラモイ海岸に，23 日目に長万部海岸，24 日目に長万部の南の海岸に達したものがあることであつてこれはこの時期に流れが反時計廻りの環流をなしていたことを示すものである．

従つてこれら漂流瓶の結果と茂無部の流向記録，あるいは既往の観測結果等から総合して，湾内の沿岸流は夏期には時計廻り，冬期には反時計廻りの環流をなすものと考えられる．

5. 湾内沿岸流の成因について

以上の如く湾内の流れが夏期と冬期とで向きを異にする環流をなすことについてその原因を考察してみる．3 節で述べたように南西海岸の流向と波向とはお互いに関係があるもののように見られるので流向と波向の独立性を検定することにする．流向を北上と南下に分け，波向を right zone からと left zone からとに分けて一年間の茂無部における毎日の記録を分類して頻度を調べてみる

Table 2. Annual correlation between coastal current and waves at Monashibe.

To North	23	89
To South	72	68
Directions of currents / Directions of waves	From left zone	From right zone

Remarks: Correlation coefficient $r=0.32$
$\chi^2=25.3$

Table 3. Correlative table of x to y. values of χ^2 and correlation coefficient r are computed by (1).

y_2	f_{12}	f_{22}
y_1	f_{11}	f_{21}
y / x	x_1	x_2

と Table 2 の如くなる．例えば Table 3 のような 2×2 分割表においては属性 x,y が互いに独立である時は各階級に属する出現度数 f_{ij} $(i=1,2\ j=1,2)$ の次ぎのような組み合わせによる量 χ^2

$$\chi^2=Nr^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ただし

$$\begin{cases} N=f_{11}+f_{12}+f_{21}+f_{22} \\ r=f_{11}f_{22}-f_{12}f_{21}/ \\ \sqrt{(f_{12}+f_{22})(f_{11}+f_{21})(f_{12}+f_{11})(f_{21}+f_{22})} \end{cases}$$

は自由度 1 の χ^2 分布をすることが知られており又計算によつて $\chi^2>6.635$ なる確率は 1% であることが分かつている．今 Table 2 において流向と波向が互いに無関係で独立であるとの帰無仮説をたてて χ^2 を上記に従つて計算すると $\chi^2=25.3$ となり 6.635 よりはるかに大きくなる．故に流向と波向は互いに独立であるという仮説を危険率 1% 以下で棄却することができる．即ち極めて低い危険率で両者は関係があると云い得る．このように南西海岸では流向と波向は関係があり日常の沿岸流は波によつて，あるいは波の原因である風によつてかなり左右されていることが判るのである．それでは流向が波のみによつて決められるかと云うとそうは云えない．Table 2 によつて分類された流向と波向の相関係数 r は 32% であつて決して高いものではないから全く別の要素が流向の原因に介入している可能性がある．しかも例えば同一方向の風が湾全体を吹送する場合には湾をはさんで相対する海岸では流れは同一方向に向くはずであるから，むしろ風や波が前に述べたような湾全体の大きな環状沿岸流の原因になるとは思われない．従つて夏期と冬期とで向きを異にして卓越する環状沿岸流の発生はもつと別の原因によるのではないかと思われる．その原因として考えられるものに湾外の流れがある．噴火湾の形状及び太平洋側の開口距離から見て湾外の流れが湾内の環流を誘起する可能性は十分考えられる．もしこのような機構が実際に存在するならば湾内環流の夏期の時計廻り，冬期の反時計廻りに対して湾外ではそれぞれ夏期西向き，冬期東向きの流れが対応して存在せねばならない．さいわいにしてやや距離をへだてているが湾外東方の苫小牧工業港において同期間に行なつた流向の記録があるのでこれと湾内南西海岸の流向とを比較してみる．苫小牧における西向きの流れと茂無部における北上流の月別頻度を百分率を以て示した図が Fig. 4 である．両者はかなりよい平行性をもつて

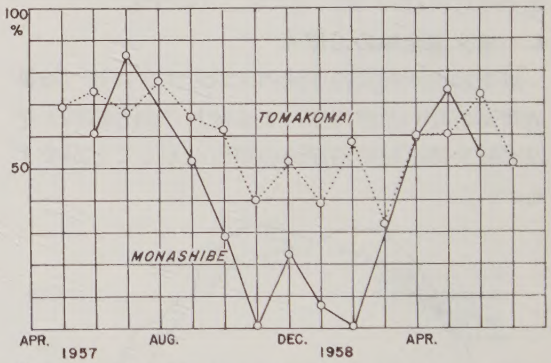


Fig. 4. Monthly frequencies % of both coastal currents, turning west at Tomakomai and north at Monashibe.

いることが見られる．即ち先の考えと同じに環流の時計廻りの時期には湾外は西向き，反時計廻りの時期に対しては東向きの流れが多い事が示されている．さらにくわしく苫小牧の流れと湾内沿岸流とが関係あるか否かを前の流向と波向の場合と同様に検定してみる．

日を同じくする苫小牧と茂無部の流向を一年にわたつて分類すると Table 4 のようになる．

これから計算した結果は $\chi^2=8.6$ となり，6.635

Table 4. Annual correlation between directions of the coastal curenrts at Tomakomai and Monashibe.

Tomakomai / Monashibe	To North	To South
To East	38	61
To West	101	77

Remarks： $r=0.18$ $\chi^2=8.6$

より大きく，前述の論法と同様に1%以下の危険率で両地点の流れが関係あるということができる．苫小牧の流れは夏期の実測では潮流の成分がかなり大きいので本来は潮流を除いたものについて比較する方がよい．相関係数 r は18%でかなり低いが，両地点の距離がかなり遠いことや苫小牧の潮流成分を除去し得ない事などがかなりこの値を低下させているものと思われる．とにかくこの結果は茂無部と苫小牧の流向には関係があり，湾内の時計廻り，反時計廻りの沿岸流に対して湾外の西向き，東向きの流れがそれぞれ対応することを立証するものである．従つて湾内の環状の沿岸流は湾外の流れによつて誘起されるものであろうことを推察することができる．

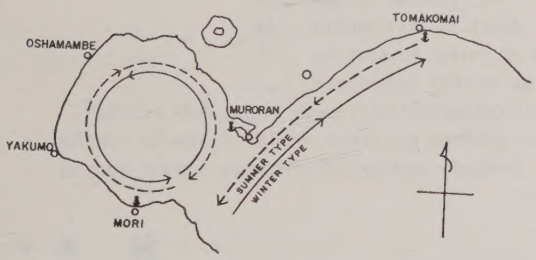


Fig. 5. Illustration of a relation cetween the currents inside and outside of the Volcano Bay.

6. 結　論

一年以上の流向指示板，波向観測，漂流瓶等の結果や他の資料から，

1) 噴火湾内には夏期（5～8 月）に時計廻り，冬期（10～3 月頃）に反時計廻りの環状沿岸流が卓越すること
2) 上記の環状沿岸流は湾外の夏期西向き，冬期東向きの流れによつて誘起されるものと推定されること
3) 湾内の日常の沿岸流は，その他に風や波によつて起こされる流れ及び潮流等が重なつて構成されていると考えられること

等を結論する事ができる．

この調査研究に当つてたえず御激励下さつた北大福島久雄教授，初期の調査に御尽力いただいた防衛大学校溝口裕教授，又一年以上にわたつて苦労の多い実測に当たられた茂無部小学校校長太田昇平氏，教諭野口哲平氏に深く感謝の意を表する．

尚，文献についてお教えいただいた東大日高孝次教授，第七管区海上保安本部川上喜代四水路部長，及び資料を御寄贈下さつた苫小牧港建設事務所長加藤市郎氏に対し厚く御礼申し上げる．終りにこの調査は日本国有鉄道札幌工事局の要請によつて行われたものの一部であることを附記する．

文　献

1) 噴火湾海洋観測報告　海洋時報第6巻，pp. 209～241, 1933.
2) Putnam, J. A., W. H. Munk and M. A. Traylor: The Prediction of Longshore Currents. p. 337 T. A. G. U. Vol. 30, No. 3, 1949.

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/journal-of-oceanography_1960-03_16_1

The Journal of the Oceanographical Society of Japan
Vol. 16, No. 1 March 1960

内湾締切後に於ける淡塩水の交換*

奥　田　節　夫**

The Exchange of Fresh and Salt Waters in the Bay after Closing the Outlet

By

Setsuo OKUDA

Abstract: It is an important problem for utilization of water to investigate the exchange phenomenon of fresh and salt waters in a lake which is newly formed by closing the mouth of bay.

The present paper describes the effects of some dominant factors on the exchange of waters and shows a method to estimate the salinity decrease in the lake by analytical formula. The result calculated by the next formula is in agreement with observed change of salinity in Kojima Lake (closed in 1956).

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{\left\{(1-r_0)+r_0 e\right\}^{\frac{Q}{V}t}}$$

S : salinity at time after closing the outlet
S_0 : initial salinity
Q : inflow rate of fresh water
V : volume of water in the lake
r_0 : parameter indicating the mixing action in the lake

Further this paper describes the approximate estimation of exchange period of waters, effects of salt in inflow water on salinity decease and the calculatlon of salinity change in two lakes connected by narrow channel.

§ 緒　論

最近干拓地に対する灌漑用水を確保し併せて二重堤防によつて高潮害塩害を防止する目的のために諸所に於て内湾を締切つて淡水湖を造成する計画が樹立されつつあり，既に児島湾(岡山県南部)に於ては 1956 年の締切りによつて淡水湖が出現してその成果が認められているが，このような内湾を締切つた後の人造湖内に於ける塩分濃度変化については未だ合理的な解析法が確立されていない．

もとより多くの要素と複雑な機構に支配される湖内の淡塩水交換現象を正確に理解するためには，特にその目的のために計画された長期に亘る組織的な観測と，それに基く綿密な解析を必要とすることは云う迄もないが，現段階に於て入手し得る資料に基いて内湾締切り後の塩分濃度変化の平均的な概況を説明し，将来の締切計画に際して塩分濃度変化を近似的にでも予想し得るような理論的解析を試みることは湖水利用面からみて極めて重要な課題である．

一面このような人造湖内の淡塩水交換の経過は従来最も観測例の少なかつた bar-built type の estuary の非定常な現象例として estuarine

* 1960 年 1 月 28 日受理
** 岡山大学理学部
Faculty of Science, Okayama University

hydrography の対象として学術的に興味深いものと思われる.

本論文では主として児島湾締切後に観測された資料[1]に基いて二三の簡単な解析を試みた結果を報告する.

§1　淡塩水交換現象を支配する要素

内湾締切後の人造湖内に於ける淡塩水交換現象を支配する要素を重要な順に列挙すると次の諸項が考えられる.

(i)　淡水流入量と貯水容量

淡水流入量は河川流入量，河川以外の湖岸からの流入量，湖面への直接降水量の和から湖面蒸発量及び汲み上げ使用水量（灌漑水，工業用水等）を差引いたものである．既に締切つた児島湖の場合には湖内に設置された自記水位計の記録による水位上昇速度と湖水面積の積として求められるが，締切り計画の段階に於ては各量について実測或いは推定による調査を行わねばならない.

貯水容量は灌漑期と排水期とで計画水位が異なるために年間一定ではないが，一般にその変動値は年間平均値に比して小さいので締切後の過渡的な現象を近似的に解析する際には年間平均水位に対する貯水容量を用いて差支えない.

定量的に淡塩水交換の速さを支配するのは淡水流入量 Q 及び貯水容量 V それ自身の値ではなくて両者の比 Q/V であり，容易に理解されるようにこの比の値が大きい程淡塩水の交換は速かに行われる.

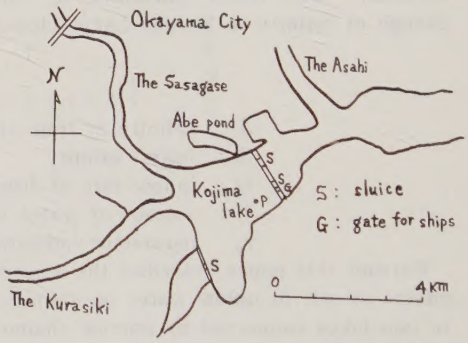
(ii)　混合作用

湖内に流入した淡水は既に貯溜している塩水に比して密度が小さいから上層にひろがつて流下し，締切堤塘につくられた樋門から湖外に流出して行くが，この湖内流下の間に下層の塩水と混合してその一部を湖外に運び去ることによつて湖内の塩分を次第に減少させてゆく．この場合に上下両層の混合が盛んに行われる程，塩分の排出が速かに行われるがその作用を定量的に表現することは極めて難しい．一つの目安として鉛直方向の乱流拡散係数の値を求めてもよいが，湖水の形状と境界条件の複雑さのために非定常な拡散方程式の解から塩分濃度の低下を推定することは出来ないから，乱流拡散係数の決定も直接に解析には利用されない.

(参考のために児島湖に於て締切後間もなく層化の顕著な時期に求めた乱流拡散係数[1]は水平方向の値 10^4 (C. G. S.) 鉛直方向の値 10^{-2} (C.G.S.) 程度で外海で求められる値に比していづれも小さいように思われる)

一般に湖内の混合作用は水位変動，風の影響及び淡水流入，樋門流出の水理的条件に著しく左右される.

通常潮汐は締切後は消失して所謂 tidal mixing の効果はなくなる．但し締切後も淡水流入によるゆるやかな水位上昇と，外海干潮時に行われる樋門からの排水に伴う比較的急激な水位下降は繰り返されるが，湖水位の振巾はせいぜい数 cm ～数 10 cm 程度であり，且つ平均流速も小さいからその混合作用は湖汐に比して非常に弱くなる.



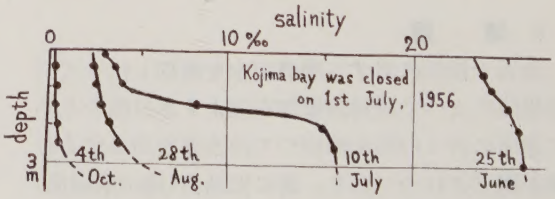


Fig. 1　Kojima Lake and salinity distribution at point P.

この事実は Fig. 1 に示す如く児島湖に於て締切後は締切前に比して安定な層化状態が保たれやすいことからもうかがわれる.

風による混合作用は風浪による直接作用と吹送による間接作用[2]とが考えられるが，特定の湖に対してその作用を定量的に表現することは難し

い．ただ児島湖の観測例では風速がある限度を超えると急に混合作用が強くなるというような臨界現象[3]は認められなかつた．なお同じ程度の風速に対しては湖面が広大である程風浪がよく発達するから混合作用も強くなることが予想される．

河川からの淡水流入と樋門を通しての流出の水理的条件は地形と人為的構造によつて大きく異なるが，流路がしぼられて平均流速が大きくなる程混合作用（jet mixing）は増大し．又湖内を通過する流下距離の長い程下層の塩分を運び出す割合が大きくなる．

以上の各種の外的条件が一定している場合でも混合作用の強弱は湖内の層化の状況によつて著しく異つてくる．即ち締切後間もない段階では淡水塩水の境界面は比較的安定で両層間の水の混合は行われ難いが，ある期間経過して下層の塩分濃度が低下してくると上下両層間の密度差は小さくて界面は不明瞭になり両層間の混合は行われ易くなる．

結局締切直後には淡水は上層を上すべり気味に流出して塩分の排出効果は小さいが，ある程度塩分濃度が低下してくる上下両層が混り易くなつて塩分の排出効果が大きくなり加速度的に淡塩水交換が促進される．この傾向は締切後の児島湖内の平均塩分濃度変化（Fig. 2 参照）に現われており，後に述べる定量的な解析に際して最も注目を要する点である．

（iii）　締切後の塩分侵入

締切後に於ける塩分侵入の原因としては Jansen[4] が指摘しているように，(イ)樋門及び舟通しからの海水流入　(ロ)堤防を通しての海水の滲潤　(ハ)湖底泥よりの塩分の放出があげられる．(イ)(ロ)は人為的な構築法或いは操作法によつて異なり，適当な工夫によつて塩分侵入量を最小限度に喰いとめることが可能である．(ハ)については人為的に調節することは出来ないが，拡散現象の性質からみて時間の経過につれて減少してゆき，長期間後にはその影響は無視出来るようになる筈である．

これらの塩分侵入は明らかに湖内の速かな淡塩水交換を妨げるが，締切後の平均塩分濃度が大きくて排出塩分量の大きい過渡的な時期に於ては少量の塩分侵入の影響は相対的に無視し得る．しかしながら十分時間が経過して塩分濃度の既に低下した平衡状態に於ては少量の侵入塩分も最終的な塩分濃度の決定に大きな役割を演ずるから長期の湖水利用計画に際しては塩分侵入量の見積りは極めて重要な課題である．

目下調査中の児島湖に於ては締切後二三年経過した時期に於て塩分侵入量は略2×10^5 ton/month と推定され（別報予定），その影響によつて湖内平均塩分濃度は淡水流入量の季節的変化に応じて 0.3‰（夏）～2.0‰（冬）の範囲で季節的変動をくり返している．

勿論湖の貯水容量が大きい程，侵入塩分の影響は相対的に弱くなるが，貯水容量の大きい（13×10^9 m^3）のゾイデル海に於てすら相当の影響を有することが指摘されており[4]，これに比して貯水容量が数十分の一以下のわが国の内湾締切に際しては塩分侵入量を最小限度に喰いとめる努力が必要であろう．

なお児島湖については更に調査を続けた後塩分侵入量とその影響について報告を行う予定である．

（iv）　その他

（イ）　初期塩分濃度

締切当初の湖内の塩分濃度の値は初期条件として理論的解析に重要な意義を有するが，この値が小さい程短期間で湖水が淡水として利用出来るようになる．児島湾締切の当時（1956 年 7 月 1 日）は前日大雨が降つて堤外に注ぐ旭川の放出淡水が潮時によつて湾内に運ばれて湾全体の塩分濃度が非常に低下した時期に締切られたために非常に短期間で湖水が利用出来るようになつた．

（因みに締切前の湾内平均塩分濃度は 20‰ 程度であつたが，締切時は 8‰ 迄低下していた．）このような地形的好条件を常に期待することは出来ないが，強雨強風の多い時期に締切れば少しでも初期塩分濃度が低く，又初期の安定な時期に強制的に攪拌作用を加えることになるので，単に湖水の早期利用のみに着目すれば有利であろう．

（ロ）　コリオリカの影響

一般に estuary に於てはコリオリカの影響で低塩分域が右岸側に起り易いことが予想され，そ

の傾向が実測された例もあるが[5]，児島湖及び宍道湖の観測ではその傾向は認められず，中海に於てはややこの傾向が存在しているように見えるが，地形的な特異性の影響も大きく，コリオリカの効果と断定出来ない．づれにしても湖内平均塩分濃度に顕著な影響を及ぼすことは考えられない．

（ハ）　凹みに貯溜される濃塩水

児島湖に於ては締切後三年以上経過しても締切堤防近くの水深 5 m 程度の深い凹みの底部（水深 3 m 以上の部分）には塩分濃度 20‰ 近い濃塩水が存在している．これは樋門，舟通しからの流入海水が堆積して上の淡水との間に顕著な躍層を造つて閉ぢこめられた状態にあるものと思われる．ただしその塩水の容量は湖全体に比して小さく，又上層の塩分濃度に殆んど影響を与えないので湖水利用の立場から特に心配する必要はないが，現象自体が興味深いので更に調査を続けている．

なおこのような貯溜濃塩水をなるべく少くするためには，樋門の底をなるべく低くして凹みが残らないように設計することが望ましい．

§2　塩分濃度変化の解析

（i）　微分方程式の導入

締切が行われた後の湖における平均塩分濃度の時間的変化を表現する微分方程式を導入する．貯水容量 V の湖に塩分濃度 S_{in} の水が単位時間に Q_{in} の割合で流入し，一方樋門を通して塩分濃度 S_{out} の水が単位時間に Q_{out} の割合で流出している場合について，平均塩分濃度 S の時間 t に伴う変化を，湖内の塩分の収支に着目して計算すると

$$\frac{dS}{dt}=\frac{1}{V}(S_{in}\,Q_{in}-S_{out}\,S_{ot}) \quad \cdots\cdots(1)$$

の微分方程式が得られる．

通常締切後は湖内水位を一定に保つように樋門からの流出量 Q_{out} を調節するから，平均的にみれば

$$Q_{in}=Q_{out}=Q \quad \cdots\cdots(2)$$

の関係が保たれている．

流入水の塩分濃度 S_{in} は淡水流入のみの場合にはゼロであるが，特別な場合には適当な一定値又は時間の函数として取り扱わねばならない．

（ii）　S_{out} の表現法

(1) 式の具体的な解を求めるには更に流出水の塩分濃度 S_{out} に関する知識が必要である．Jansen は S_{out} と平均塩分濃度 S の間に正比例関係 $S_{out}=rS$（r は一定）を仮定して解（後述）を導いているが[4]，既に §1（ii）で論じているように混合作用は層化の状況によつて異なり全期間を通じて r に一定値を仮定することは不自然である．

そこでもつと現実に適してしかもなるべく簡単な関係として Jansen の一定値 r を S の函数 $(1-KS^n)$ でおき換えて

$$S_{out}=(1-KS^n)\,S \quad \cdots\cdots(3)$$

なる表現を試みてみる．

この表現式は上下両層の混合は両層間の密度差 $\Delta\rho$ が小さくなるにつれて盛んになり，$\Delta\rho$ がゼロになる極限で混合は完全に行われて S_{out} が S に一致することを考慮して先づ

$$S_{out}=\{1-K'(\Delta\rho)^n\}\,S$$

なる関係を仮定し，更に $\Delta\rho$ は流入淡水（濃度ゼロ）と貯溜塩水（濃度 S）の濃度差 S に比例するものとみなして $\Delta\rho=K''S$ とおくことによつて導かれる．ただし $\Delta\rho$ は両層の水温差によつても生ずるが，締切対象となるような浅い湖では水温差は僅かであるから（児島湖に於ける盛夏の実測例で水面と水底の温度差は 3°C を越えない）その影響は無視する．

なお (3) 式によれば $KS^n>1$ のとき $S_{out}<0$ なる矛盾が生じるから $KS^n>1$ の範囲では $S_{out}=0$ ときめておかねばならないが，実際の湖ではそのような事態の起る筈はなく

$$0<S_{out}<S$$

の関係が成立している．

なお G. H. Keulegan の成層流に関する水槽実験によれば，[6] 一定流速 U で流れる上層液に下層液が捲き込まれて混合する割合（境界面の単位面積につき）U_m は U が臨界速度 U_1 を超える場合に

$$U_m=C(U-U_1)$$

で与えられ，U_1 は略 $(\Delta\rho)^{1/3}$ に比例することが

確められている．この結果に於て $^1/_3$ 指数を一般化して n とおけば比例定数を除いて(3)式と同様な傾向を表わすことになる．

(iii) 微分方程式の解と観測値との比較

微分方程式(1)に於て流量条件は(2)式により $Q_{in}=Q_{out}=Q$ とおき，淡水流入を考慮して $S_{in}=0$ であり，又 S_{out} に関しては仮定(3)を用いると

$$\frac{dS}{dt}=-\frac{Q}{V}(1-KS^n)\,S$$

となり，初期条件として $t=0$ に於て $S=S_0$ とすれば解は

$$\frac{S}{S_0}=\frac{1}{\left\{(1-r_0)+r_0e^{\frac{nQt}{V}}\right\}^{\frac{1}{n}}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

となる．ただしここに

S 締切後時間 t に於ける平均塩分濃度

S_0 初期塩分濃度

$r_0=1-KS_0{}^n=(S_{out}/S)_{t=0}$
湖内の混合作用の程度を示すパラメター

Q 流入量流出量

V 貯水容量

(4)式のパラメター r_0 及び指数 n に適当な数値を与えて横軸に Qt/V（無次元化した経過時間），縦軸に S/S_0（無次元化した塩分濃度）をとつて両者の関係を求めると Fig. 2 の曲線群が得られる．

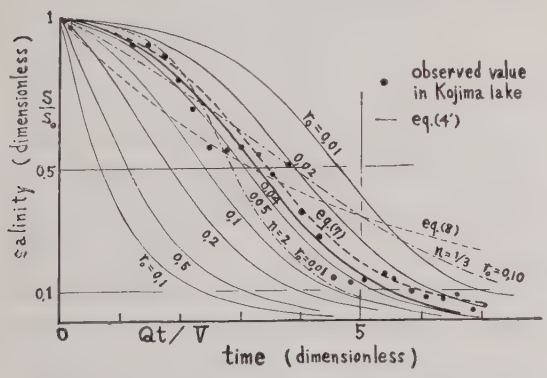


Fig. 2 Relation between time and salinity.

実際の湖に対して(4)式を適用する際にえらぶべき n 及び r_0 の値は理論的に推定することは出来ないから観測値との比較によつて決定する他はない．

幸にして児島湖に於ては児島湾沿岸農業水利事業所によつて締切前後に亘つて湖内 20 数点で採水して塩分濃度が測定されているので，その資料に基いて湖内平均塩分濃度の時間的変化を図中に記入すると●印点が得られる．但し Q/V の値は全期間の平均値（0.074/day）を用いている．

図に於て観測値はバラツキが大きく滑らかな曲線に載らないが，これは流入量 Q は実際には一定でなくて降水によつてかなり大きく変動し，それに対応して塩分濃度もかなり急激な変動を呈するためである．

この実測値の変化の傾向を最も適切に表現しているのは $n=1$，$r_0=0.04$ に対する曲線（図中太実線）である．

$n=1$ 以外の曲線としては図の混乱を防ぐために $n=^1/_3$（$r_0=0.1$），$n=2$（$r_0=0.01$）しか記入していないが，一般に $n<1$ の場合には変化がゆるやかすぎる傾向を示し，逆に $n>1$ の場合には変化がすみやかすぎる傾向があらわれ，大体 $n=1$ の場合が最適であると思われる．

即ち流出入の塩分濃度は

$$S_{out}=(1-KS)\,S\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3')$$

と仮定するのが最も実状に適しており，これに対する解は

$$\frac{S}{S_0}=\frac{1}{\left\{(1-r_0)+r_0e^{\frac{Q}{V}t}\right\}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(4')$$

で与えられる．

ただし

$r_0=1-KS_0=(S_{out}/S)_{t=0}$

(iv) 淡塩水交換に要する期間の見積り

締切後どの位の期間が経過したら湖水が淡水として利用出来るかを見積るためには，利用限界濃度を定めておかねばならない．

その限界は灌漑水，工業用水等の目的によつて異なるが，現在の多くの計画の直接目的である灌漑水を対象とする場合には通常塩分濃度 3‰ が限界とされている．一般に締切対象となるような河口の内湾では初期塩分濃度 S_0 は 20‰ 程度以下であるから限界を 3‰ とすれば S/S_0 が 1/10 以

下に達する時をもつて淡塩水交換の終了時期とみなせば，水使用に当つて十分安全である．締切時より上述の如く定義された淡塩水交換終了迄の所要時間 τ を計算するには式 (4′) 又は Fig. 2 の曲線を利用して $S/S_0 = 1/10$ になる点を求めればよいが，その結果を横軸にパラメター r_0 をとり縦軸に $Q\tau/V$ (無次元化した所要時間) をとつて両者の関係として示すと Fig. 3 の実線が得られる．

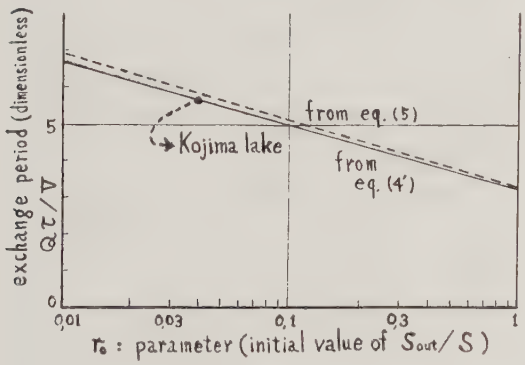


Fig. 3　Relation between exchange period and parameter r_0.

なお直接に τ を概算するには式 (4′) で τ が大きくて分母に於て $(1 - r_0)$ を $r_0 e^{\frac{Q}{V}\tau}$ に対して省略した近似式

$$\frac{1}{10} \fallingdotseq \frac{1}{r_0 e^{\frac{Q}{V}\tau}}$$

より導かれる

$$\frac{Q}{V}\tau \fallingdotseq -log_e\left(\frac{r_0}{10}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (\cdots 5)$$

なる関係式を利用すればよい．

この近似関係を図中に示すと点線が得られ相対誤差は数%にすぎない．

実際に特定の内湾を締切るに先立つて淡塩水交換の所要期間 τ を予想するにはパラメター r_0 の値を知らねばならないが，締切前の状況から締切直後の層化状況を判断して r_0 を推定することは極めて困難である．しかしながら Fig. 3 によれば r_0 の値が大きく変つてもこれに対する τ の変化は比較的小さいから次のような便法を適用する．即ち児島湾のように穏やかな内湾で湖内流下距離が短かくて混合が起り難い状況で $r_0 = 0.04$ 即ち $Q\tau/V = 5.5$ であることを考慮して，これと同程度の混合作用の弱そうな湖に対しては $Q\tau/V$ に 5～6 位の値を与え，もつと風浪が荒く湖内流下距離も長くて混合作用の盛んな湖に対しては $Q\tau/V$ に 3～4 位の値を与えて τ を計算すれば一応の目安は得られるであろう．

実際には計画の段階で降水量に基く流入量 Q の正確な予想を行うことは難しく，従つて τ の値もそれに応じた粗い見積りしか期待出来ないから，上述のような便法によつて概算を試みることも現段階では有意義なことと思われる．

§ 3　流入水が塩分を含む場合の解析

§ 2 に於ては淡水が流入する場合について計算を進めたが，実際には流入水が既に塩分を含んでいる場合もあるので次にその具体的な例について説明する．

(i)　流入水の塩分濃度が一定の場合

締切直後に於ては流入河川水が元の河川感潮部の底泥から放出された塩分や沿岸の地下塩水から滲出した塩分を含んでいることがある．このような場合の流入水の塩分濃度は長期間に亘つて徐々に減少してゆくが，ある特定の期間に対しては近似的に一定値をとるものとみなすことが出来る．この流入水塩分濃度を $S_{in} = a$ とおき，更に放出塩分濃度に関する仮定 (3) 式の密度差の影響を考慮する項 KS の S を $(S - a)$ と改めて

$$S_{out} = \{1 - K(S - a)\}S \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

とおいて塩分濃度の時間的変化を求めると

$$S = \frac{\frac{C}{K} - ae^{p\frac{Q}{V}t}}{C - e^{p\frac{Q}{V}t}} \cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

となる．

ただし　$p = 1 - Ka$,　$C = \dfrac{KS_0 - Ka}{KS_0 - 1}$

児島湖の実測値に基いて $a = 0.2‰$, $S_0 = 8.0‰$ をとり，更に $K = 0.12‰$ なるパラメターの値を用いて (7) 式によつて S の変化を計算すると Fig. 2 の太破線が得られる．

この曲線によれば流入水が塩分を含む影響は当然のことながら塩分濃度低下を遅らせる傾向をも

たらし，特に塩分濃度が十分低下した時期に於てはその効果が著しい．しかしながらこの時期には§1 (iii) で説明した如く他の原因による塩分侵入量の影響も顕著に効いてくるので締切後十分の時間が経過した平衡状態に於ける最終塩分濃度の推定については別の機会に報告する．(他の塩分侵入の影響がなければ最終塩分濃度は (7) 式で $t\to\infty$ の極限を考えて $S\to a$ になる筈であるが，実状はかなり異つている．)

なお JANSEN は前述の $S_{out}=rS$ なる仮定の下に同じ条件（流入塩分濃度 a）で解を求めて

$$S=\frac{a}{r}-\left(S_0-\frac{a}{r}\right)e^{-r\frac{Q}{V}t} \quad \cdots\cdots(8)$$

なる式を導いているが[4]，Fig. 2 にその一部を示したように (8) 式のパラメター a, r をいかにえらんでも児島湖の実測値の傾向と一致する曲線を得ることは出来ない．

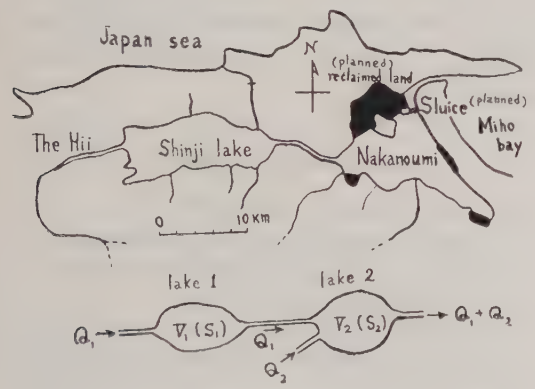


Fig. 4 Two connected laked and its model.

（ii） 二連湖を締切る場合

最近締切計画の対象となつている宍道湖中海 (Fig. 4 参照) に於ては農林省中海干拓調査事務所の資料によれば，上流側の宍道湖は現況で既に chlorinity 1.2‰ 程度で全水深に亘つて一様な濃度分布を示しているが，これに連なる中海では平均 chlorinity は 10‰ を越え水深 2～3 m（全水深は 5～6 m）の所にかなり顕著な躍層が存在して層化の影響を無視することは出来ない．このように混合状況の異つた二つの湖が直列に連つた水系を取り扱うために Fig. 4 下に示すようなモデルを考える．即ち湖 1 は宍道湖，湖 2 は中海に相当し，それぞれの貯水容量は V_1, V_2 平均塩分濃度は S_1, S_2 と記し，湖 1 には淡水流入 Q_1 が注ぎ，湖 2 には湖 1 からの塩水流入 Q_1 と直接の淡水流入 Q_2 が注ぎ樋門を通しての流出量は Q_1+Q_2 である．

先づ湖 1 では流入水の塩分濃度はゼロであり，完全に混合されているから $S_{out}=S$ とおいて解を求めると

$$S_1=S_{01}e^{-\frac{Q}{V}t} \quad \cdots\cdots(9)$$

となる．ただし S_{01} は湖 1 の初期塩分濃度

中海干拓調査事務所の資料によつて[7]

$V_1=3.425\times10^8\ \mathrm{m}^3$

$Q_1=4.21\times10^6\ \mathrm{m}^3/\mathrm{day}$

$S_{01}=1.2‰$ (Cl)

の値を入れると Fig. 5 下方の曲線が得られる．

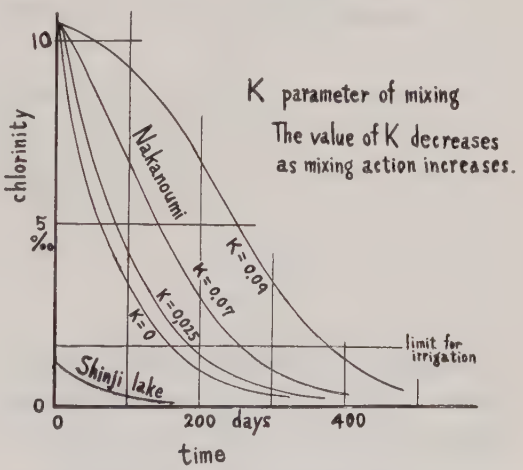


Fig. 5 Estimation of chlorlnity decrease in Shinji Lake and Nakanoumi.

湖 2 に於ては層化の影響を考慮しなければならないが，流入水の塩分濃度としては，湖 1 からの流入塩分 S_1Q_1 が直接の淡水流入 Q_2 によつて薄められるとして $S_1Q_1/(Q_1+Q_2)$ なる値をとるものと考える．

これに応じて塩分濃度変化の微分方程式は

$$\frac{dS_2}{dt}=\frac{1}{V_2}\left[S_1Q_1-\left\{1-K\left(St-\frac{S_1Q_1}{Q_1+Q_2}\right)\right\}S_2(Q_1+Q_2)\right]$$

となり，K の値を適当にえらんで数値積分法によ

つて解を求めることが出来る.

K の推定値としては児島湖程度に混合が弱い場合の値（$K=0.09$）現況程度の混合作用が締切後も保たれると仮定して現在の塩分濃度分布から推定した値（$K=0.025$）及びこの両者の中間より少しく混合の弱い側にとつた値（$K=0.07$）の三種類の値を入れて RUNGE-KUTTA 法によつて積分を行つた結果を示すと Fig. 5 上方の曲線が得られる.

ただし児島調査資料に基いて

$V_2 = 5.126 \times 10^8\ \mathrm{m}^3$

$Q_2 = 2.21 \times 10^6\ \mathrm{m}^3/\mathrm{day}$

$S_{02} = 10.5‰$ (Cl)

湖2の初期塩分濃度の値を用いている.

§4 結　論

以上の解析の結果を要約すると次のような結論が導かれる.

（i）締切後の塩分濃度変化を表現するために混合作用が層化状況によつて異なることを考慮に入れ，更に児島湖に於ける実測値の傾向と比較して次の式を導いた.

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{(1-r_0)+r_0 e^{\frac{Q}{V}t}}$$

ただし混合作用の程度に関するパラメター r_0 を理論的に決定することは難しく，既存の締切湖と状況を比較して概略の値を推定する.

（ii）淡塩水交換の終了時期を初期塩分濃度の1/10迄塩分濃度が低下するに要する時間として定義すると，この期間は近似的に

$$\tau = \frac{V}{Q}\log_e(10\,r_0)$$

で与えられ，通常の締切対象では混合作用の強弱に応じて略

$$\tau = 3\,\frac{V}{Q} \sim 6\,\frac{V}{Q}$$

の比較的狭い範囲に入ることが予想される.

（iii）流入水が塩分を含む場合もその濃度が低い場合には塩分濃度低下の速さにあまり影響を及ぼさないが，最終的な平衡塩分濃度には大きな影響を及ぼす.

（iv）層化の状況の異なる二連湖に対しても適当にモデル化することによつてその塩分濃度変化を数値的に求めることが出来る.

なお締切後における塩分侵入量の見積りとそれに基く最終的平衡塩分濃度（湖水利用上最も重要な値）の決定法並びに湖内の特に深い凹みに永く貯溜される濃塩水の存在とその影響については目下調査中であるので別の機会に報告する予定である.

謝　辞

本研究を進めるに当つて多くの御援助をいただいた京都大学理学部速水頌一郎教授　岡山大学理学部松原茂助教授に深謝する.

なお各種の資料の入手に格別の便宜を計つていただいた岡山農地事務局資源課，児島湾沿岸農業水利事業所，並びに中海干拓調査事務所の御好意に厚く感謝する.

参考文献

（1）奥田節夫 1959：
児島湾締切後に於ける湖水塩分濃度の低下について，農業気象 Vol. 14, No. 4, p. 145.

（2）J. P. BARLOW 1956：
Effect of wind on salinity distribution in an estuary Jour. Mar. Res. Vol. 15, No. 3 p. 193.

（3）W. H. MUNK 1947：
A critical wind speed for air-sea boundary Process Jour. Mar. Res. Vol. 6, No. 3, p. 203.

（4）Pr. JANSEN：
「湖の除塩」日本の干拓に関する所見 農地局編（昭和29年8月）p. 34.

（5）市栄誉 1955：
Estuary の水理について　海岸工学講演集II，土木学会編，p. 41.

（6）G. H. KEULEGAN 1949：
Interfacial instability and mixing in stratified flows Jour. Res. N. B. S. 43, p. 487.

（7）奥田節夫 1959：
宍道湖，中海淡水湖化過程の解析　農林省中海干拓調査事務所報告

The Journal of the Ocenographical Society of Japan
Vol. 16, No. 1 March 1960

海洋魚における無機化学成分の研究—II.
「かつお」および「まつかさうお」に含まれる化学元素について*

今　西　　襄**

Studies on the Inorganic Chemical Constituents of Marine Fishes—II.
On the Chemical Elements Contained in Ashes of *Katsuwonus pelamis* and *Monocentris japonica*.

Noboru IMANISHI

Abstract: The chemical elements contained in the ashes obtained from heads, bones, flesh and inner organs of the marine fishes, *Katsuwonus pelamis* and *Monocentris japonica*, were investigated.

Chemical elements found by the spectrography are as follows:—Metallic elements: Ca, Mg, Na, K, Cu, Pb, Mn, Zn, Sn, Fe, Al. Nonmetallic elements: P, Si.

Elements found by other methods are as follows:—Cl, S, C (CO_3).

この報告の目的は海洋魚体内に化学元素がどのように分布しておるかを探求することを第一目的とし，且つ次の諸事項に関する資料の一端を得ようとするものである．a）生体内における化学元素の役割[1) 2) 3)]，b）無機化学成分より見た海洋魚の食品としての価値，c）海水中に溶存する化学元素と魚体成分元素との関連，d）元素輪回に関する海洋化学的知見．

従来この種の研究は余りなされていない．ただ海洋無脊椎動物，貝類等については若干の報告[4) 5) 6)]を見かける．魚類にあつては，その可食部分についての食品分析の結果が通常の成書にあげられている程度で，不可食部分および灰分の内容に至つてはほとんど報告せられていない．著者は先に深海魚について発表[7)]したが，本報は「かつお」および「まつかさうお」における化学元素について定性分析結果および分析方法を報告する．

* 1960 年 2 月 5 日受理

** 高知大学文理学部，Chemical Laboratory, Liberal Arts Faculty, Kochi University.

1. 試料および処理法

「かつお」は高知市市場より入手したもので，(1958 年 5 月)，体長約 50 cm，重さ約 1.7 kg (生体)であつた．肉および骨に関してはこの 1 尾より試料を得たが，内臓は少量であるので別に 5 尾分を求めて合量を供試した．

「まつかさうお」は土佐湾にて漁獲せられたもので，高知大学文理学部生物学教室の好意によつて入手した．(1958 年 4 月) 体長約 15 cm，硬い鱗を被つた小型魚である．従つて数尾分を合して試料とした．

生魚は初め充分水洗し土砂海水等の外物を除き，頭，骨，肉および内臓諸器官等に分割して乾燥した．乾燥後適当量を蒸発皿にとり加熱して一旦炭化し，次に電気マッフル炉に移して 500～550°C で灰化した．

生体に対して乾燥体は約 10%，灰分は約 1～5% 得られる．骨および骨に富む部分は肉，内臓等に比して灰分が多い．

2. 魚灰の定性分析

Table 1. The results of spectrographic analysis of marine fishes

Sample		Cu	Pb	Sn	Fe	Al	Mn	Zn	Ca	Mg	Na	K	Si	P
Name of fish	Parts													
Monocentris japonica	Head	2·	tr	2	2·	tr·	—	—	5	3·	4	3	2	2·
	Scale	2	tr	—	2	tr	—	—	5	4	2·	tr	2	3
	Flesh	3·	2·	2·	2·	tr·	tr	—	5	3·	5	3·	2	3·
	Inner organs	3·	2	2	3	3	—	—	5	4	6	2·	3·	3
Katsuwonus pelamis	Head	2·	2	2·	1·	tr	1	2·	5	4·	5	5	1	3
	Bone	2	1·	2·	1·	1·	1·	2·	5	4	5	5	2·	3
	Heart	3	2	2	4	3	tr	2·	5	5	5	5	3·	3
	Gills	2·	2	2·	2	1·	1·	3	5	4·	5	5	2	3
	Stomach	2	2·	1	2	2	1	5	5	5	5	5	3	3·
	Liver	1·	1	1·	2	2	1	2	4·	4	5	5	2·	3·
	Flesh (white)	1·	2·	1	2	2·	1	2	5	5	5	5	3	3
	Flesh (red)	2·	3	2	2	4	—	2·	5	4·	5	5	4	4
	Pyloric coeca	2	1·	1·	2	3	1	3	5	5	5	5	3	3·

Conditions: Pulsating current arc.
Voltage AC 220 v. Curr. 5 Amp.
Breadth of slit 0.005 mm. Height of slit 3 mm.
Time of exposure 40 sec., Distance of electrodes 2 mm.
Apparatus Shimadzu spectrograph QF-60 Type.

Figures indicate the grades of intensity of spectral lines as follows:—

5—very strong	4·—between	4 and 5
4—strong	3·— 〃	3 and 4
3—middle	2·— 〃	2 and 3
2—weak	1·— 〃	1 and 2
1—very weak	tr·. 〃	tr. and 1

tr. scarcely visible
— not visible

主として分光分析法によつたがこれによつて求められない元素はペーパークロマト法[8]および一般半微量定性分析法によつた.

分光分析には島津スペクトルグラフ QF-60 型を使用した. 発光条件については次表に示す. 結果の鑑定は一部島津製作所の技術部に依頼した. 表中の数字はスペクトル写真の線の濃さの段階を示すもので存在元素の概量をこれより推定できる.

ペーパークロマト法において, 灰分は温水にてできるだけ溶出し濃縮後供試した. 残分の多い場合は炭酸アルカリ融解に付し, 融成物を温水にて溶解して先のものに加えた.

濾紙はクロマト用で巾約 1 cm, 長さ約 35 cm のストリップとして使用した. 展開用容器はクロマト用硝子円筒を用いた. この方法によつて認められたものはハロゲン元素で, 塩素とコン跡程度の臭素であつた. この場合の展開溶媒はアセトン水 (10 : 1) で下降法によつた. 展開後風乾し, 呈色剤として 10% 硝酸, 5% 硝酸銀を噴霧し水洗後日光にあてる. 塩素および臭素は灰紫色斑点として極淡黒色の地に現われる.

この他硫酸根および炭酸根が通常の方法によつて認められた.

3. 結果および考察

「かつお」および「まつかさうお」の無機化学成分として認められた化学元素は次の通りである. すなわち分光分析法によつて認められたものは, 金属元素としては, Cu, Pb, Sn, Fe, Al, Mn,

Zn, Ca, Mg, Na, K の 11 種で，非金属元素としては Si, P の 2 元素である．(Table 1 参照)

この他 Cl, Br, S, C (CO_3 根)の 4 非金属元素が他の方法によつて認められた．

ここに得られた結果について D. A. Webb, W. R. Fearon らのいわゆる生物元素 (biological element) の分類表[9] と対比すると次のようなことが云える．この表中必存元素 (invariable element)，非必存元素 (variable element) としてあげている元素のうちで，ここに関係のある元素を示す．すなわち必存元素としては P, Na, Mg, S, Cl, K, Ca, Fe, Si, Mn, Cu, B, F, I, 非必存元素としては Al, Sn, Pb, Zn 等である．

ここにあげた必存元素のうち B, F, I, を除くすべての元素が「かつお」および「まつかさうお」において認められた．ただし Mn は「まつかさうお」においては存在しない部分もある．非必存元素についても Zn を除く Al, Sn, Pb は「かつお」「まつかさうお」および「深海魚」[7] においても例外なく認められた．

すなわちこれら 3 元素は著者の研究の対象とした魚類にとつては必存元素と云える．このことは一般海洋魚類に共通するか否かは，なお多くの魚類について研究する必要がある．

次に Zn については，分光写真の結果によると「まつかさうお」には不存で，「かつお」には各部分に例外なくかなりの量が認められる．

しかしポーラログラフによると「まつかさうお」においても判然とした亜鉛波が認められる．また深海魚についても同様に認められた．これらの事実から亜鉛もまた海洋魚類にとつては必存元素と考えられる．確定的なことは今後の研究によらなければならない．

スペクトル写真の結果よりこれら元素の概量を推定すると次のようになる．すなわち金属元素としては，アルカリ金属およびアルカリ土類金属が，非金属元素としてはリンが主成分であることがわかる．金属元素として次に多く存在するものは鉄，アルミニウムおよび銅で非金属元素としては珪素である．この他微量元素として錫，鉛，亜鉛がありマンガンは最も少なく痕跡成分と考えられる．

本研究に当つて指導を賜つた京都大学石橋雅義博士，ならびに試料魚を御世話下さつた本学蒲原稔治博士に深謝する．

文　献

1) Stolkowski, J.: "Le Calcium et la Vie" Que Sais-Je? No. 757. 松岡芳隆，八島慶子共訳，(白水社)
2) Bishop, D. W., Brown, F. A., Jahn, T. L., Wulf, V. J., 1950: "Comparative Animal Physiology" (Saunders Comp.)
3) 木村健二郎その他の共訳 "W. スタイルズ微量元素" (朝倉書店)
4) Webb, D. A., 1937: "Studies on the ultimate composition of biological mateaial" Scient. Proc. R. D. S., **21**, No. 46, 489.
5) Bowen, H. J. M., 1956: "Sr and Ba in sea water and marine organisms" J. Mar. Biol. Ass. U. K. **35**, 450–460.
6) 吉村甚吉，1954: 日本塩学会誌 **8**, 2 (33).
7) Imanishi, N., 1959: "Records of Oceanographic Works in Japan." (Specific Number 3) 121–125.
8) 田村善蔵，"無機クロマトグラフイー" 分析化学講座 4–C (共立出版)
9) Webb, D. A., Fearon, W. R., 1937: Scient. Proc. R. D. S., **21**, No. 46, 447.

The Journal of the Oceanographical Society of Japan
Vol. 16. No. 1 March 1960

海洋魚における無機化学成分の研究—III.
「かつお」および「まつかさうお」におけるアルカリ金属元素およびアルカリ土類金属元素の分布と相対量*

今　西　　襄**

Studies on the Inorganic Chemical Constituents of Marine Fishes—III.
On the Distribution and the Relative Quantities of Alkaline Elements and Alkaline Earth Elements in *Katsuwonus pelamis* and *Monocentris japonica*.

Noboru IMANISHI

Abstract: The distributions of alkaline elements and alkaline earth elements in *Katsuwonus pelamis* and *Monocentris japonica* were investigated. Ca is generally rich in bones heads and gills, and poor in flesh and inner organs. On the contrary Na and K are poor in bones, heads and gills, and rich in flesh and inner organs. The ratio of Na to K is larger than 1 in bones, gills and scales, and less than 1 in flesh and most inner organs. The quantity of Mg is least in comparison with those of the other three elements, Ca, Na, and K. However, it is relatively large in intestines, stomachs and white flesh, and small in heads and bones.

深海魚については既に報告[1]したところであるが，本報では「かつお」および「まつかさうお」における，Na, K, Ca, および Mg の分布状態並びにその相対量について報告する．

これら元素は酸化物として灰分の約 50% を占める主部分であるので，魚体の無機成分の研究には欠くことのできない部分である．

1. 試料および処理法

第 2 報と同じ．

2. 分析法

試料灰は生試料の 1% 内外しか得られないので，成るべく多くの成分を同一試料を用いて定量できるよう一連の分析法を計画した．

このためイオン交換樹脂[2) 3) 4)]を用いて分離し，錯滴定および炎光分析等を適用した．

2.1. アルカリ金属元素とアルカリ土類金属元素の分離

試料灰約 0.5 g を精秤し，少量の水を加えてうるおし，次いで濃硝酸の少量を助えてかきまぜ，温水中で加温溶解し残分を遠心分離する．この操作を繰り返えすとごく少量の無水珪酸等の残分を残す程度になる．これまでに得られた分離液を合し，pH 1.5～2.0 に調節して，酸型とした陽イオン交換樹脂に通ずる．陰イオンを流去し，樹脂に交換吸着せられた金属成分はそれぞれの溶離剤をもつて分離せられる．先ず 20% メタノールを含む 0.2 N 塩酸を溶離剤として，毎分 0.5～0.8 ml の流速でカラムに通ずると Na が溶離せられる．

* 1960 年 2 月 5 日受理
** 高知大学文理学部 Chemical Laboratory, Liberal Arts Faculty, Kochi University.

Na の流出が終れば 0.5 N HCl に切替えて同じ流速で K を溶離する．終れば溶離剤を 1 F の酢酸アンモニウムに替える．まず Mg が溶離せられ最後に Ca が溶出せられる．この間に Cu, Pb, Zn, Mn 等の二価の遷移元素が溶離せられる．

3.2. アルカリ金属の定量

溶離せられた Na または K を含む溶液は一旦蒸発乾涸し，更に 120°C にて 1～2 時間加熱しメタノールおよび遊離の塩酸を充分除去し，水を加えて溶かし一定量となしその部分について，イオン交換樹脂法[2) 4)]または炎光分析法にかけてそれを定量した．この両法による結果は満足すべき程度で一致した．炎光分析には共存物による種々の干渉のある場合もあるが，この場合アルカリ金属はそれぞれ単離せられておるから支障は起らない．

3.3. アルカリ土類金属の定量

酢酸アンモニウム溶液で溶離せられる液中にはアルカリ土類金属の他に，ごく微量の Cu, Zn その他の 2 価の遷移元素を含む．EDTA を用いて pH 10 で BT 指示薬[5)]を用いて Ca と Mg の合量を求め，次に別の試料部分を用いて pH 12 でドータイト NN を指示薬として錯滴定[6)]を行い Ca の量を求め，前の合量から差引けば Mg の量が求められる．この際 KCN を用いて Cu, Zn 等を隠ぺいする必要がある．

4. 結果および考察

「かつお」および「まつかさうおにおけるアルカリ金属元素およびアルカリ土類金属元素の分布状態を Table 1, Table 2 に示す．

各元素毎にその含有量の順位を示した．数字は灰分 1 g 当りの各元素のグラム当量数および酸化物としてのグラム数を表わす．

これらの結果より一般的な結論を見出すことは困難であるが，ただこの両種の魚類の分析結果に基づいて結論づけられる事柄について述べる．

4.1. カルシウム，マグネシウム，ナトリウムおよびカリウムの分布について

これら 4 元素の魚体内における平均量は「まつかさうお」においては全体分析の結果，「かつお」においては各部分よりの灰分の収率その他より推定したものであるが，Ca が最も多く Mg が最も少なく Na と K は略相等しく中間に位することがわかつた．

Ca の存在量の多い部分例えば骨，頭，「えら」には，他の 3 元素 Mg, Na, K の含量は少ない．逆に云えば Mg, Na, K に富む部分すなわち内臓諸器官および肉には Ca は少ない．

Ca, Na および K の魚体各部における存在比を Fig. 1 に示す．一定量の灰に含まれるこれら元素の量をそれぞれミリグラム当量数で表わし，その合計を 100 としたときの割合を三角座標にとつた．

「かつお」の骨，「えら」頭および「まつかさうお」の「うろこ」，骨，頭は座標のカルシウム頂点附近に密集しておることにより Ca を主成分とすることがわかる．この部分における Na と K の割合は Na が多いことが一般的傾向である．すなわちこの三角座標のカルシウム頂点より底辺におろした垂線の低側に存在することによつてわかる．

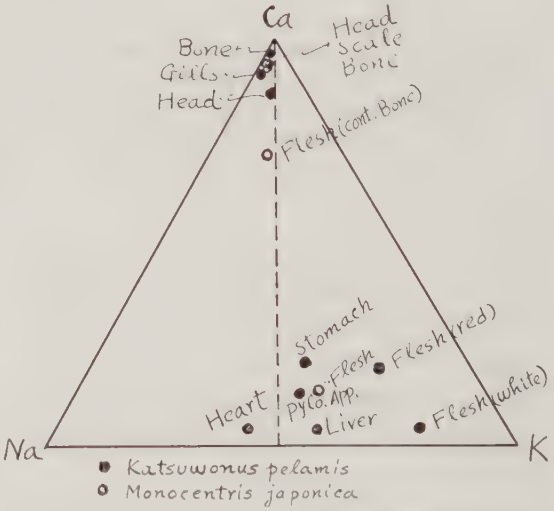


Fig. 1. Content-ratio of Ca, Na, and K in each part of fishes' bodies.
(sum of the gram-equivalents of the three elements was taken as 100)

内臓諸器官および肉が，座標の底辺すなわち Na-K 辺に近接しておるのは，これらが Ca に乏しくアルカリ金属に富むことを示すものである．しかも心臓を除く他のものがすべて頂点よりの垂線の右側にあることは，Na よりも K に富むこと

Table 1. The quantities of alkaline elements and alkaline earth elements in *Katswonus pelumis*

(per 1 g of ashes)

Order	Ca			Mg			Na			K		
	Parts of fish	CaO(g)	g. eq. $\times 10^3$	Parts of fish	MgO(g)	g. eq. $\times 10^3$	Parts of fish	Na_2O(g)	g. eq. $\times 10^3$	Parts of fish	K_2O(g)	g. eq. $\times 10^3$
1	Bone	0.5270	18.80	Stomach	0.0997	5.00	Heaɐt	0.1700	5.47	Flesh (white)	0.3460	7.33
2	Head	0.4810	17.20	Pyloric coeca	0.0706	3.50	Pyloric coece	0.1075	3.47	Flesh (red)	0.2700	5.73
3	Gills	0.4560	16.30	Flesh (white)	0.0505	2.52	Stomach	0.0999	3.22	Pyloric coeca	0.2085	4.33
4	Stomach	0.0543	1.94	Heart	0.0323	1.62	Liver	0.0957	3.09	Stomach	0.2010	4.27
5	Flesh (red)	0.0505	1.80	Liver	0.0312	1.56	Flesh (red)	0.0509	1.64	Liver	0.2006	4.26
6	Pyloric coeca	0.0336	1.20	Flesh (red)	0.0318	1.56	Flesh (white)	0.0473	1.52	Heart	0.1952	4.15
7	Heart	0.0139	0.50	Gills	0.0236	1.16	Head	0.0400	1.28	Head	0.0575	1.22
8	Flesh (white)	0.0134	0.48	Bone	0.0106	0.52	Gills	0.0308	1.00	Gills	0.0168	0.36
9	Liver	0.0109	0.38	Head	0.0018	0.08	Bone	0.0212	0.56	Bone	0.0112	0.24

Table 2. The quantities of alkaline elements and alkaline earth elements in *Monocentris japonica*

Order	Ca			Mg		
	Parts of fish	CaO(g)	g. eq. $\times 10^3$	Parts of fish	MgO(g)	g. eq. $\times 10^3$
1	Scale	0.5156	18.36	Flesh (pure)	0.0283	1.40
2	Bone	0.5092	18.18	Head	0.0228	1.12
3	Head	0.4697	16.76	Bone	0.0146	0.72
4	Flesh cont. Bone	0.3146	11.20	Scale	0.0096	0.48
5	Flesh (pure)	0.0518	1.86	Flesh cont. Bone	0.0046	0.24

(per 1 g of ashes)

Order	Na			K		
	Parts of fish	NaO(g)	g. eq. $\times 10^3$	Parts of fish	K_2O(g)	g. eq. $\times 10^3$
1	Flesh (pure)	0.1435	4.63	Flesh (pure)	0.3230	6.85
2	Flesh cont. Bone	0.0735	2.37	Flesh cont. Bone	0.0952	2.04
3	Scale	0.0248	0.80	Bone	0.0182	0.38
4	Bone	0.0228	0.74	Scale	0.0124	0.26
5	Head	0.0178	0.58	Head	0.0110	0.24

を示す．心臓のみは他と異なつて Na に富む．これは多量の血液を含んでおることに原因するものであろう．何んとなれば血液が Na 分に富むからである．〔「さば」の血液についての分析結果による．（未発表）〕

次に Mg とこれら 3 元素との関係を知るために Mg-Ca (Fig. 2), Mg-Na (Fig. 3) および Mg-K (Fig. 4) の 3 つの場合について関係図を求めたところ，それぞれの場合注目すべき事柄が見出された．すなわち相関図は従軸に Mg を，横軸には Ca, Na, および K のそれぞれをとり，いずれもミリグラム当量数で表わした．各図には対応 2 元素の当量線および海水組成を表わす線を引いた．図中の諸点は灰 1 g についての両元素の量より求めた．

Fig. 2 は Mg と Ca の割合と魚体各部との関連を示す．骨，頭，「えら」，「うろこ」等は右下方部に集中する．肝臓，心臓，幽門垂および胃の 4 つの内臓諸器官および肉(白身)が，海水組成線に添つて

分布することは注目に値する．すなわちこれら体部分における両元素の割合は，海水中の Ca および Mg の存在比に近似することを示すものである．

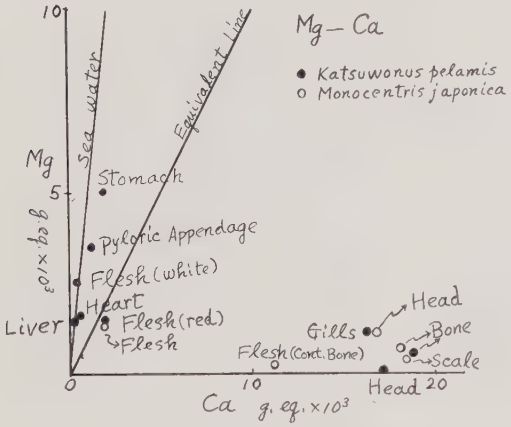


Fig. 2. Relative quantities of Mg and Ca in each part of marine fishes' bodies. (milligram equivalents per 1 g of ashes)

次に Mg と Na の量比と体部分との関係を Fig. 3 に示す．骨，頭，「えら」，「うろこ」等の骨類部分は原点附近に集結する．これは Na および Mg がともにこれらの微量成分であることを示すものである．両元素の当量線に並ぶものに骨，「えら」，肉(赤身)および幽門垂の4部分があり，また海水組成線上にあるものに「かつお」の心臓および「まつかさうお」の純肉があるのは共に注目せられる．

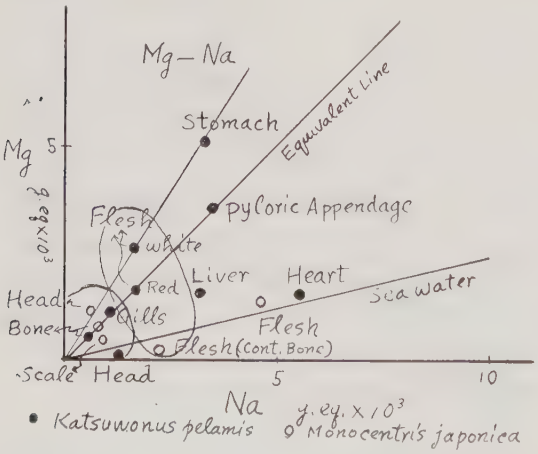


Fig. 3. Relative quantities of Mg and Na in each part of marine fishes' bodies. (milligram equivalents per 1 g of ashes)

次に Mg と K の割合と魚体各部分の関係について Fig. 4 に示す．骨類部分はこの図においても原点附近に位置する．これを「骨類領域」とする．内臓諸器官はカリウム軸の略中央に垂直に長軸を持つだ円形の領域に分布する．これを「内臓領域」とする．肉は内臓領域の右側に対角線（当量線）に平行して長軸を持つだ円形内に存在する．これを「肉領域」とする．この関係図において注目せられることはこの3領域が比較的判然と区別せられることである．また内臓領域と肉領域とが近接しここに何等かの有意義な関連があるように思われる．すなわちその一例として「かつお」の血合肉は肉領域の左下部に内臓領域に接して存在することは，血合肉が白身と異なつた生体上の役割を演ずるものでないかということを示唆する．

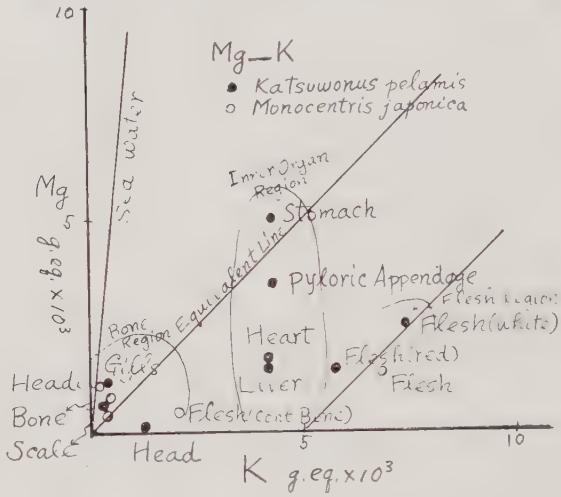


Fig. 4. Relative quantities of Mg and K in each part of marine fishes' bodies. (milligram equivalents der 1 g of ashes)

またこの領域図は，未知試料の分析結果よりその Mg と K の量比を求めてこの図上における位置を知ることにより，未知試料が魚体のどの部分であるかを指示する役目を果すように思われる．今後の研究によつて更に確かめなければならない．

本研究に当つて，御指導を賜つた京都大学石橋雅義博士並びに当大学蒲原稔治博士に深謝する．

文　献

1) Imanishi, N., 1959：“Records of Oceanographic Works in Japan” (Spacific Number 3) 121–125.
2) 吉野，藤本：“イオン交換法” 分析化学講座 p. 66–67 (共立出版).
3) 吉村，脇，1957：分化 **6**, 362.
4) Samuelson：“Ion Exchangers in Analytical Chemistry” (Wiley, New York).
5) 上野景平：“キレート滴定法” p. 128 (南江堂).
6) 同仁化学研究所，解説資料 No. 101 ドータイト.

The Journal of the Oceanographical Society of Japan
Vol. 16, No. 1 March 1960

マイワシ発生初期卵群の海中における行動*

西　村　三　郎**

Underwater Behaviour of the Early-Stage Egg Population of the Japanese Sardine

Saburo NISHIMURA

Abstract: The behaviour of an egg population at early developmental stages of the Japanese sardine, *Sardinops sagax melanosticta* (TEMMINCK et SCHLEGEL) in the sea was studied making use of the egg sample (Fig. 1) obtained on May 11, 1958, on the spawning ground off Noto Peninsula in the middle Japan Sea, by straining water drawn out of ten layers of different depths down to 50 m by a centrifugal power pump (1.5 H.P.), and under some physical assumptions the following conclusions have been reached: (1) Tne sardine egg population belonging to the same age category and developing from Morula stage to Blastula stage rises through sea water towards the surface. (2) Taking into account the time-dependent behaviour of the centre of gravity of the total egg mass, the mean rising velocity of the population at these developmental stages is estimated to be about 1 m per hr.

A theoretical model of the sardine egg at these developmental stages was then constructed, and its rising velocity through still or laminar-flow sea water of equivalent density to the observed value (Fig. 2) was calculated assuming applicability of STOKES' law of viscous resistance to be compared with the observed rising velocity of the egg population. The agreemeut is satisfactorily good.

It has finally been discussed that, if the observed rising velocity be applicable to the eggs at younger develpmental stages, i.e., just after fertilization to Morula stage, the spawning depth of the Japanese sardine would be found to range between 10 to 45 m, with the centre of spawning activity around the level a little deeper than 20 m.

1. まえがき

海中で産出されたマイワシ *Sardinops sagax melanosticta* (TEMM. *et* SCHL.) の卵群はどのような行動をするか：それはどのくらいの水深で産出され，どのように浮上あるいは沈降し，流され，そして拡散してゆくかという問題は，この10数年の間にマイワシの生態に関するわれわれの知識がいちぢるしく進歩したにもかかわらず，まだよくわかつていない。とくに最近になつて，卵からシラス期にいたる間の生残り曲線がもとめられて，個体発生のごく初期における減耗がきわめて大きいことが判明し[1]，この高い減耗がひきおこされる機構の調査が重要視されるにいたつたが，そのためにはまず，発生初期にあるマイワシの海中における存在様式が明らかにされていなければならない．これが明らかになれば，死亡機構あるいはその調査の方法についてもなんらかの示唆が得られるはずであつて，このような点からいつても上述の問題の究明が望まれるわけである．

筆者は，数年来，能登半島沿海のマイワシ産卵調査に従事してきたが，今回，発生初期にある卵群の海中における行動について，それを指定しうると思われる1資料を得たので，ここに報告し，あわせて，マイワシの産卵水深についても若干考察を加えてみたい。

本論に進むにさきだち，この研究に対していろ

* 1959 年 12 月 19 日受理
** 日本海区水産研究所 Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Niigata.

いろとご支援をいただいた日本海区水産研究所の伊東祐方氏，困難な海上作業に際してご協力を惜しまれなかつた同じ研究所の渡辺和春，笠原昭吾の両氏，ならびに調査船第二旭丸の各位に対して深甚の謝意を表する．

2. 採集方法および結果

1958年5月，能登半島沿海のマイワシ産卵場において，動力ポンプをもちいて種々の深度の層からマイワシ卵を採集することを試みたが，そのうちの5月10～11日の採集によつて，発生初期にある卵を多量に得て，その垂直分布の時間的推移をうかがうことができた．

もちいたポンプは武蔵興業株式会社（東京）製6.5馬力の消防用ポンプであり，これに2.5インチのサクション・ホース 60 m を連結，真ちゆう製ストレイナーをかぶせた末端付近に錘と支持索をつけて海中に垂下，支持索の長さを調節することにより，水面下 2 m から 50 m までの間の10層において海水を汲みあげ，これを篩絹 GG 54 のネットで濾してサンプルを得た．サンプルはただちにフオルマリンで固定し，その後の処理はすべて研究室にもちかえつてからおこなつた．

沪過海水量は各層 1.1 m^3 である．あらかじめポンプの揚水速度を測定しておき，後の採集にあたつては，ストツプウ・オツチで一定時間（＝3分）正確に沪水することによつて沪過水量を一定ならしめた。ポンプの揚水速度は間をおいてたびたび測定したが，測定誤差以外にはまつたく変化はみられなかつた。もちろん，所要の各層からの採水は，ホースの内容積に相当する量だけの海水を放出してからおこなつた。10層からの採集をひととおり完了するのに約 40 分を要した。この所要時間の変動はきわめて少なかつた。夜間には2時間おき，昼間は3時間おきにこのような作業をおこなつた．これは，マイワシの産卵時刻は 20～22 時であることがすでに知られており[2]，この産出直後の卵群のすがたをはあくするのが目的だつたからである．

5月10日の18時，猿山岬沖10浬（37° 29.5′ N, 136° 41.5′ E）の地点から，船を漂流させながら上述のような採集作業をおこなつた．当時の気象・海象状況は，漂流開始から11日の朝までは風力1，波浪1，ウネリ1とおだやかであつたが，11日の7時ごろから風が強くなつて，8時には波浪2，ウネリ1，9時にはさらに風がはげしくなり，波浪3，ウネリ2となつたので，9時の採集をもつて漂流をうちきつた．

この時得られたサンプルを検鏡したところ，10日の18時，20時，22時，24時の各採集においては発生段階の進んだ卵のみ得られ，産出直後のものはまつたく含まれていなかつた．しかるに，11日の2時になつて，突然，発生初期にあるマイワシ卵が多量に出現し，この状態は9時になつて，海が荒れてきてその後の採集作業を中止しなければならなくなるまで続いた．これらのマイワシ発生初期卵はすべて同一の age category に属する卵群であつた．マイワシは1日のうちのある特定の時刻に集中的に産卵する習性があるが，この同一日（のほぼ同一時刻）に産出された卵群は同一の age category に属すると定義する．産出日を異にする卵群は別の age category を構成するわけである，採集のはじめには桑実期にあり，採集のおわりごろには胞胚期に発育が進んでいた．このような発育状態と，すでに知られているマイワシの産卵時刻[2]とを考慮して，この卵群は月10日の20～22時に産出されたものと考えられる．Fig. 1. は，この採集の結果にもとずいて描いたマイワシ発生初期卵群の垂直プロファイルの時間的推移である．24時以前の採集結果は，この age category の卵をまつたく含んでいないので省略した．ここに卵群の重心の深さ D とは，次式によつて定義される量である：

$$D=\frac{\sum x d_i}{\sum x_i}$$

（ただし，x_i は深度 d_im 層において採集されたマイワシ卵数；$\sum$ は10層についておこなう．）

なお，サンプル中には採集時の攪乱によつて破損したと思われる卵も若干あつたが，これらのうちで，発生段階の不明なものはすべて計数から除外した。

Fig. 2. には，この採集作業がおこなわれた前

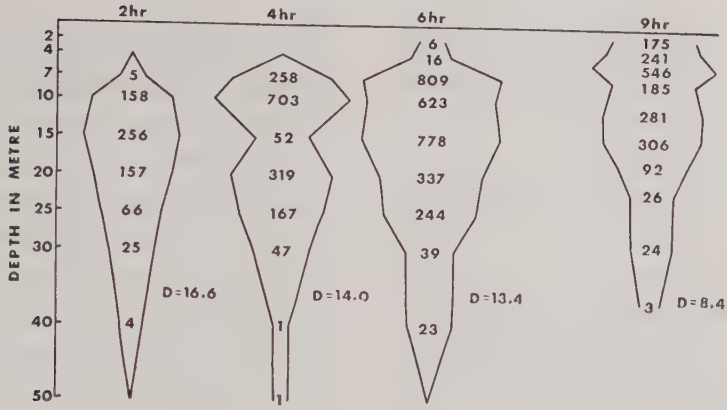


Fig. 1. Change with time in the vertical profile of an early-stage egg population of the Japanese sardine. Drawn by the plankton data obtained adrift on the sardine spawning ground off Noto Peninsula on May 11, 1958. The egg population under considerrtion is estimated to have been laid down at 20 to 22 hr on May 10, belonging to the same age category. The figures denote the number of eggs for each 1.1 cubic metres of sea water pumped up from ten layers of depths and strained through a filtering gauze. D is the depth in meter of the centre of gravity of the egg mass.

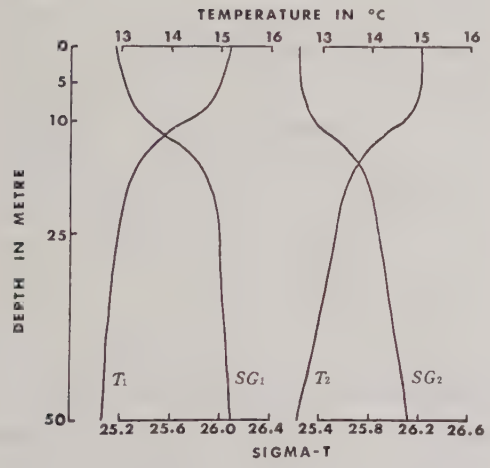


Fig. 2. Vertical profiles of water temperature (T) and sigma-T (SG) just before (22 hr, May 10; indicated by the subscript 1) and during the sampling (6 hr, May 11; indicated by the subscript 2).

後，すなわち，5月 10 日 22 時および 11 日6時における水温ならびに Sigma-T の垂直分布を示してある．

3. 採集結果の解釈卵群浮上速度の推定

Fig. 1. をみると，マイマシ卵群のプロファイルは採集の時刻によつて多少異なるとくに，4時におけるプロファイルはその前後のものとかなりちがつている）が，全体として時間の経過とともに浅いところへと移動している傾向がうかがわれる．このことは卵群の重心の深度 D をみればよくわかる．すなわち，時間の経過とともに卵群の重心は次第に浅い層へと移動している。しかし，ここで注意しなければならないのは，これからただちにこの若い発育段階にあるマイワシ卵群は海中を浮上するとはいいきれないことである．なぜならば，これらのプロファイルは同一卵群の断面ではあつても，必ずしもその同一個所の断面とはいえないからである。採集をしていない間も船は長さ 60 m のサクション・ホースを2つ折りに海中に垂下して，流圧を受けながら漂流していたとはいつても，必ずしも船はマイワシ卵群を含んだ水塊とまつたく同じに移動したとはいいきれない．このマイワシ卵群が産出されたのは 10 日の 20～22 時であるにもかかわらず，11 日の2時前まではまつたく採集されず，2時になつてはじめて，しかも多量に出現をみたこと，さらに4時における卵群のプロファイルがその前後におけるものとかなり異つていることは，船とマイワシ卵群を含んだ水塊との相対的な移動を暗示するもので

ある．もつとも，4時におけるプロファイルの特異性は，卵群の構造そのもの——部分による構造——の相違によるのではなく，採集時刻前後における流動の局部的な攪乱の結果ともみることができる。

このような卵群のプロファイルの時間的推移を与える場合としては模式的に次の3つが考えられる．

i) マイワシ産卵魚群はかなり広い範囲にわたつて一斉に放卵し，しかも，水深による流動(ただし，船の漂流方向の成分について考える；以下同様)の差が大きくなく，放出された卵群は一様に流されながら浮上する場合．この場合には，採集の結果得られる卵群のプロファイルの時間的動きは，卵群の海中における浮上速度そのものを反映している．

ii) マイワシ産卵魚群は比較的小さな群をなして，垂直的な運動（たとえば，浮上行動*）をおこないながら，広い水深帯にわたつて放卵し，しかも水深による流動の差が大きくて下層ほど速く，放出された卵群はそれぞれの水深に中立浮游しながら下層ほど速く流される場合．この場合には，下層で放出された卵群ほどはやく採集点に到達し，次いで卵群の高密度な部分が中層に現われ，最後に上層で放出されたものが移流してくるので，もし，今回の採集のように，数時間のうちにひとつの卵群を横切ることが可能なほど，卵群の水平的なひろがりが十分小さく，かつ，船の卵群に対する相対的な移動が十分速やかであるならば，採集の結果得られる卵群のプロファイルは時間の経過とともに次第に浅いところに移り，あたかも，卵群が海中を浮上しているかのような感を与えることが可能である．しかし，実際は，観察されるプロファイルの動きは，産卵魚群の放卵中の垂直運動，流動の垂直的分布などを反映していることになる．

iii) 上の二つの場合が複合したもので，放出された卵群が浮上しながら，下層ほどはやく流される場合．

今回の採集結果に現われたのはこれらのうちのいずれの場合であつたのかは不明である．しかしながら，単一 age category のマイワシ卵群の水平的なひろがりは一般にかなり大きいこと；いつぽう，船の卵群に対する相対的な漂流は当時の気象条件からみてそれほど大きくないと考えられること；さらに，表層よりも下層において流速がいちぢるしく大きいという場合は，この産卵場近海においては比較的稀であろうと考えられることなどを考慮すると，いずれも生起しがたい，これらの3条件の逆がくみあわされておこるという確率はおそらくきわめて低いと思われ，したがつて，上にのべた，第2あるいは第3の場合がおこり，そして，それに遭遇する可能性は大きくないだろうことは想像される．

いま，今回の採集が第1の場合をつかまえたものと仮定しよう．すなわち，マイワシ卵はひろい範囲にわたつて一様に分布しており，卵群の局所的な時間的変化が卵群個有の時間的変化とみなせるものとしよう．そして，海水の湧昇・沈降がなく，かつ，鉛直渦動拡散率がほぼ一定とみなせると，仮定すると海中におけるマイワシ発生初期卵群の行動について次のような推定をくだすことができる:

1) 卵群は海中を浮上する．

2) 卵群の重心の移動状況からみて，その浮上速度は平均して 1 m/hr，前後である。

卵群の重心の浮上速度は，2時から4時にかけては 1.3 m/hr，4時から6時にかけては 0.3m/hr，6時から9時にかけては 1.7 m/hr，平均 1.1m/hr となる (Fig. 1 参照)．ただし，前述したように，9時の採集は海面がかなり荒れてきてからおこなわれており，したがつて，表層付近の渦動拡散率は増大したことが想像され，また，ホースの支持索に傾角が生じて，採集が全般的に浅い層にしか及ばなかつた点を考慮すると，この時の卵群の重心は見かけ上浅くですぎていることが予想される．したがつて，6時から9時にかけての重心の浮上速度はやや過大に傾いているであろう。

---

* Echo sounder への映像記録の解析から，マイワシ魚群は日没後浮上をはじめ，産卵時刻前後には活発な浮沈運動をおこなつていることが推定されている[2]．

4. マイワシ卵の理論的模型にもとずく考察

前節においては，移流ならびに渦動拡散による上方あるいは下方への卵群の正味の輸送がないと仮定して，海中に浮遊する多実期から桑実期にあるマイワシ卵群の重心の浮上速度，つまり，同じ発育段階にある個々のマイワシ卵の浮上ないし沈降速度の中における平均的な浮上速度とみなせるものを採集の結果から推定した．この節では，マイワシ卵の模型を理論的に想定し，これにもとずいて計算される浮上（あるいは沈降）速度を上の推定値と対比してみよう．

Fig. 3. に，採集された発育期のほぼ中間，すなわち，多実期のおわりにおけるマイワシの卵を模式的にかいた．これでみるように，囲卵腔のき

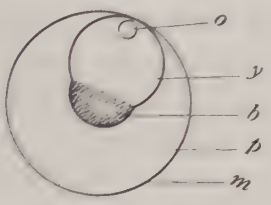


Fig. 3. Diagrammatic representation of a sardine egg at the end of Morula stage: *b*—blastodisc; *m*—egg membrane; *o*—oil globule; *p*—perivitelline space; *y*—yolk.

わめてひろいのがこの魚卵のいちじるしい特長である．また卵膜（あるいは卵殻）は非常に薄い．

マイワシ卵の卵膜は無色・透明・無構造で，水中でみると美しい虹彩（iridescence）をはなつ．[3,4] これは薄膜による光の干渉の結果と思われるので，これから卵膜の厚さを推定すると 10^{-4}cm の程度となる．ただし，ニシン，サケなどで知られているように真正卵膜（chorion）が二重構造になって，そとすれは若干厚くなるが，オーダーにはおそらく変りなかろう．

さて，われわれはこのマイワシ卵に対して次のような発生生理学上の属性を仮定しよう：

1° 卵膜は高分子のコロイドに対しては不透過性であるが，水および塩類などの低質はこれを自由に透過しうる．

2° 囲卵腔は，卵膜拡挙のさい，卵膜をとおして外囲から吸収した海水を溶媒とするコロイドの溶液であるが，その濃度はきわめて小さいので，近似的に囲卵腔は外囲と同じ海水のみによつて満されているとみなしうる．

3° 胚および卵黄を被う表層原形質膜（あるいは卵表膜）は水および塩類に対しても不透過性である．

4° 問題としている発生段階，すなわち桑実期から胞胚期にかけては，胚発生による卵の比重変化は無視しうる．

これらの仮定がいずれも，魚卵の生理学に関して現在われわれの有する知見にてらしあわせてみて，決して不当なものではないことは次にのべるところから肯首されるであろう．

魚卵の卵膜が透析膜（dialyzing membrane）の性質をもつていることは，サケ・マス類[7,8,9,10]，メダカ[11,12]，キンギョ[13]などで実験的に確められているが，このことは，受精または人為的賦活のさいにみられる卵膜拡挙の機構と関連して，ほかの多くの硬骨魚類の卵についても一般的にいえるもののようである[14,15]．とくに卵膜の塩類溶液（＝海水）に対する透過性については Gray[9] はヨーロッパ産マス *Salmo trutta fario* L. の賦活卵で，囲卵腔は外囲の塩類溶液が容易に置換されることを観察しており，このほか，大西洋産のヨウジウオ *Nerophis ophidion* L.[16]，マダラ *Gadus morhua morhua* L.[17] およびプレース *Pleuronectes platess* L.[17] でもその透過性が明らかにされている．ただ，アメリカ大西洋沿岸産のメダカ科魚類 *Fundulus heteroclitus*（L.）の卵の卵膜はきわめて厚いゲル状物質からできており，これは水も塩類も透過しないといわれている[14]．しかし，マイワシ卵では，前述したように，卵膜はきわめて薄いので，このようなことがあるとは考えがたい．

次の囲卵腔内におけるコロイド物質の濃度についての仮定はいくぶん恣意的である．とくにこの問題についてふれている報告はみあたらないけれども，多くの硬骨魚類の卵において，このコロイド物質（これは多糖類の反応を示すことがニシン[18]，メダカ[19]などで知られている）は未受精卵表層にならぶ微細な表層胞（cortical alveoli）が

受精あるいは賦活にさいして崩壊し，その内容が排出されたものであろうと考えられており[15]，しかも，マイワシ卵では多量の海水を吸収して卵膜がはなはだ大きく拡張するので，コロイド物質はいちぢるしく稀釈されるであろうということは推定される．この点に関連して，山本正[18]はニシン卵の囲卵腔内容の多糖類反応が受精後漸次消失することを観察し，大塚[19]はこれを囲卵腔内に多量の水が吸収されて反応物質がうすめられた結果と解釈している．さらに，マイワシ卵をルーペで観察して，囲卵腔の光学的性質が外囲の海水とほとんど変りないこと，卵発生の後期においては胚の尾部の活発な運動がみられるが，そのさいには囲卵液の粘稠性をほとんど感じさせないことなども，上の推定を裏ずけるものと考えられる．

表層原形質膜の不透過性は，サケ・マス類[7,9]，メダカ[18]などで実験的に確められているところであるが，さきにのべたように硬骨魚類卵の卵膜は海水に対して一般に透過性であるから，体液の塩類濃度が海水のそれの1/2以下である海産硬骨魚類の卵および胚は，常に脱水および塩類過剰の危険にさらされているわけで，したがつて，体液の塩類濃度を一定に保つて生活機能を続けてゆくためには，たえず滲透圧にさからつて水を吸収し，塩分を排泄する仕事をおこなうか，あるいは卵黄と胚とを被う表層原形質膜が水および塩類に対して高度に不透過でなければならない．活力を失つた浮游性魚卵はこの塩分調節機能が低下し，脱水・塩類侵入がおこつて卵の比重を増大せしめるために浮力が減じる．死亡した卵はすべて沈降する[21,22]．現在のところでは，卵の体液塩分濃度の恒常性が保たれているのは，表層原形質膜が滲透圧仕事をおこなつているためなのか，あるいはその高度な不透過性によるものなのか，いずれとも判明しないけれども[14,21]，この点はいまの場合さして重要でない．体液塩分濃度の恒常性そのものが問題なのであるから，ここでは一応この属性は表層原形質膜の不透過性によるものとしておく．

おわりに，胚発生にともなう卵比重の変化の問題であるが，海産浮游性魚卵については，水槽における飼育実験あるいは野外における採集の結果から，多数の魚種で胚発生とともに卵の浮力が変化することが知られている．そして多くの場合，卵発生の後期，とくに孵化直前になると，比重が増大するらしく沈降したり，中層以深に多く分布するようになるのである．たとえば，飼育実験の結果，マサバ[23]，大西洋産サバ *Scomber scombrus* L.[24]，マダイ[25]，ズズキ(ただし，一部の卵)[26]，イトヨリダイ[27]，マボラ[28]，ソウハチ[29]，カリフオルニア産ソールの1種 *Parophrys vetula* GIRARD[30]，北大西洋産のプレース *Pleuronectes platessa* L.[31]およびフランダーの1種[32]などについて，卵発生の後期になると沈降することが知られている．また，野外採集の結果から，大西洋産ピルチヤード *Sardina pilchardus* WALBAUM[33]，*Scomber scombrus* L.[34]およびロスケガレイ[35,36]の卵は発生の後期には中層以深に沈むことが推定されている．このほかにも，同様なことがいわれている魚卵はいくつかある[17,37]．REMOTTI[38]によれば，多くの魚類では発生とともに卵の比重は大きくなるが，なかに，一度比重がすこし小さくなつてから次に大きくなるものがある；深海魚の卵はこのような傾向を示すという．これと関連あるのかもしれないが，スケトウダラ卵については，発生とともに軽くなる，あるいは孵化まで表面に浮游するという説[39,40]と発生後期に沈降するという説[41]とがある．さらに，卵発生期間を通じて表面に浮游を続ける魚類でも，孵化すると，その直後あるいはしばらくしてから仔魚は器底または容器の下層に沈むものが多く，野外の採集結果でも，卵は表層浮游性なのに孵化直後の仔魚は中層以深に分布する種類が多く知られている．たとえば，容器での飼育の結果，ブリ[42]，スズキ[26]，イシダイ[43]，シログチ[44]，キチジ[45]，キス[46]，コチ[47]，オニオコゼ[48]などでこのことが知られており，野外採集の結果からは，マサバ[49]，スケトウダラ[41,50]，ソウハチ[50]，スナガレイ[50]，ロスケガレイ[50]，コケガレイ[50]，ウマガレイ[50]など多くの魚種で，その仔魚が中層以深に分布することが推定されいるその化学組成[18,19,51,52]から推定して，卵膜および囲卵液は正常海水より比重が大きいと思われる．スケトウダラ[39]とヌマガレイ[29]についてはこのことが報告されている．このような重い卵膜と囲卵液とをかかえて，なお

かつ卵が表層浮游性であるために，は卵黄と胚とは海水よりもかなり低比重でなければならない．これが孵化すると沈降するのであるから，この間に卵黄・胚の比重の，海水のそれに対する転換が起つているはずである．マイワシについても，ふるく神谷[23]は孵化仔魚は容器の中層に浮游するとのべ，筆者[53]も野外採集の結果から同じことを確めた．また伊東[3]は孵化直前になると卵は沈降をはじめ，前期仔魚は中層に多いことを推定させる採集結果を記載している．これらの例から，浮游性魚卵では胚発生とともに体比重の増大が進行して，卵発生の後期あるいは孵化後には海水よりも重くなるのが一般的現象なのであろうと考えられるが，これは胚の発生過程における物質代謝のパターンにその原因が帰せられるのではないかと考える．すなわち，少くとも胚発生の後半においては脂肪が形態形成の主なエネルギー源であることがニワトリ，サンショウウオ，カエルなどで知られており[54,55]，これがある程度脊椎動物全般にわたつてあてはまると仮定すれば*，軽い脂肪が分解され，しかも生成した水が胚体内に保持されるために魚卵においても胚発生の後半で，体比重の増大の進行することが予想される．しかしながら，胚発生の初期においては，炭水化物が唯一のエネルギー源であることはひろく動物界の各部門を通じていえることであり，しかも，卵割期～胞胚期にはそれが完全に酸化されないで主に解糖作用（glycolysis）によつてエネルギーを得ていると思われるので[54,55,58,59]，この期間にはあまり体比重の変化は起らないと想像される．したがつて，いま問題となつている桑実期から胞胚期までのマイワシ卵は比重一定とみなしても不当ではないだろう．

さて，以上のような仮定の下に，理想化されたマイワシ卵の沈降速度を計算するわけである．5%フオルマリン海水に約 15 箇月間保存した桑実期のおわりにあるマイワシ卵（プロフアイルが描かれたのと同じ卵群から得られたもの）の測定の結果，卵膜径 1.53±0.08 (S.D.; 以下同じ) mm，卵黄径 0.75±0.03 mm，胚は半球とみなしてその直径 0.46±0.03 mm という値を得た．浮游性魚卵をフオルマリン海水中に保存した場合，卵膜径は変化しないが，卵黄および胚体は若干収縮する[26,43]．スケトウダラ卵巣卵については卵径（≒卵黄径）が約 7 %収縮することが報告されている[60]．また，マイワシの孵化直後の仔魚では全長で約 10%の縮小が考えられるという[4]．ここでは卵黄と胚体とがその径を 10% 収縮したものと仮定する．すると 囲卵腔容積と全卵容積との比は，0.82 と計算される．

ところで，前記の 4 つの仮定から次のことがいえる．いま，マイワシ卵をそれが浮游していた海水からとりだして，別の，比重の異なる海水に移すと，囲卵腔内の海水も容易に新しい海水と置換され（仮定 1° および 3°），その結果，マイワシ卵は，卵黄・胚の比重が一定であつても卵全体としての比重は変化することになる．このさいの卵の比重変化は，外囲の海水のそれと同じ向きで，大きさはその 0.82 倍である．

囲卵腔の容積を v，囲卵液の比重を ρ，囲卵液以外の卵の重量を一括して W，卵全体の容積を V とすれば，卵の比重 ρ は $p=(vp+W)/V$; ここに W: 一定（仮定 4°）．発生にともなう卵黄・胚の容積変化が無視しうる程度の短時間をとり，さらに熱および圧力による卵黄・胚および卵膜の膨脹・収縮は無視しうるとして，v, V: 一定とおくと，

$$\Delta p=\frac{v}{V}\Delta\rho=0.82\times\Delta\rho$$

ここに囲卵液は外囲の海水と等しいから（仮定 2°），上述のことがいえる．

別途おこなつた実験の結果，尾芽期にあるマイワシ卵の比重は 1.0235 であることがわかつている[61]．桑実期～胞胚期における卵の比重は残念ながら不明である．前述したように，マイワシ卵においても，胚発生とともにその比重の変化することが予想されるのであるけれども，じつさいに桑実胚と尾芽胚とでどの程度比重が異るものかわか

* Amberson and Armstrong[56] は，Needham[57] がニワトリ胚について見出した物質代謝のパターンに関する法則（いわゆる Needham の法則）*Fundulus heteroclitus* (L.) がの胚発生にもあてはまることを確めている[14]．

らない．しかし，原腸期にいたつて炭水化物の完全酸化が活潑におこなわれるようになるらしいことがほかの脊椎動物で知られているので[54,55]，マイワシにもこれがあてはまるとすれば，桑実期には尾芽期よりもいくらかその卵比重が大きいのではないかと想像される．*これを 1.0235$^+$ というふうに表わそう．

いま，比重 1.0235$^+$ の海水中に中立浮游している桑実期卵を比重 1.0254 ないし 1.0258 の海水に移したとしよう．この 1.0254 ないし 1.0258 というのは，今回の採集がおこなわれた時の 10～15 m 層の海水の比重である（Fig. 2. 参照）．前述したところから，これらの海水中におけるマイワシ桑実期卵の比重は 1.0251$^+$ ないし 1.0254$^+$ となることが期待される．すなわち，海水との比重差は -0.003^+ ないし -0.0004^+ となる．比重差が小さいので，STOKES の粘性抵抗の法則が満足されるとすれば，これらの静止ないし層流海水中における卵の浮上速度は 1.1$^-$m/hr ないし 1.5$^-$m/hr と計算される．すなわち，桑実期にあるマイワシ卵の理論的浮上速度は 1.1m/hr ないし 1.5 m/hr よりわずかに小さい値となり，採集結果より推定した卵の平均浮上速度とよく一致する．

ちなみに，マイワシ卵の卵膜が水および塩類に対して不透過であり，したがつて，桑実期卵の比重が 1.0235$^+$ で一定であると仮定すれば STOKES の式から計算した上記の海水中における浮上速度は 7.1$^+$m/hr ないし 8.6$^-$m/hr となり，採集結果よりの推定値といちじるしくくいちがうことになる．

5. 産卵水深の推定

前2節で得られた結果にもとずいて，次にマイワシの産卵水深について少し考えてみよう．

能登半島近海におけるマイワシ産卵時刻についてはすでに知られており，とくに集中的に産卵がおこなわれるのは 20 時から 22 時までの短時間である[2]．今回採集された桑実期～胞胚期卵もこの時刻のころに産出されたものであることは，その発生過程から推定される．

さて，産出直後のマイワシ卵は，ほかの硬骨魚類および円口類の卵と同様[14,15]，囲卵腔はまだ形成されておらず，したがつて，その比重は囲卵腔形成後の発育段階のものとは若干相違していることと思われる．したがつて，その海中における運動速度も異なると考えられるのであるが，いまのところ，その大きさについては不明なので，かりにさきほど桑実期～胞胚期卵について求めたのと同じ速度――すなわち，1 m/hr で浮上するものとすると，2時に採された卵群（Fig. 1）が産出されたのは，その時刻からさかのぼつて 4～6 時間前であるから，その時の卵群の分布範囲は水深 10～45 m（ただし，渦動拡散の影響を考慮すると，これより多少巾狭いことが考えられる），その重心は 20～23 m の付近にあつたことになる．すなわち，マイワシ魚群の産卵活動の中心は水深より多少深いところにあつたのではないかと想定されるわけである．もちろん，この場合も，鉛直渦動拡散率が一定とみなせるという前提に立つてのことである．

能登半島近海のイワシ流刺網業者は，樽網（浮標の樽と身網の上ヘリ綱との間を連結するロープ；漁業者はこの長さを加減して，網を所望の水深に懸垂する）の長さ 5～10 尋で操業（夜間）することがもつとも多く，これに次いで 10～15 尋が多い[62]．しかし，1958～59 年ごろから，漁業者は，昼間海底付近にひそんでいる魚群をねらつて投網するようになつた（昼間操業）ので，その樽綱の長さもすこぶる大きくなつた．一般に，樽綱の長さは夜間の浮上期における魚群の游泳層〔の上限〕を示すと考えられる[3]．しぜんに垂下した場合の身網の高さは約 20 m であるから，夜間

---

* そのご，京都府水産試験場の鵜川正雄氏から，同氏が青森県水産試験場に在職中マイワシ卵の人工授精をおこない，そのごの発生経過を観察された結果をご教示いただいたが，それによると，発生の初期には卵は海水中に懸垂（＝中立浮游）し，中期には水面に浮上，孵化直前になつて中層以深に沈み，孵化仔魚は器底に横たわつたという．もし，この飼育時間中，海水の比重が一定であつたとすれば，これは，マイワシ卵の比重は発生初期にはやや大きく，中期には小さくなり，孵化直前およびその後にはまたいちじるしく大きくなることを物語るものと考えられる．ここに，ご教示下さつた鵜川正雄氏に感謝する．

（＝産卵時刻）におけるマイワシ群の游泳層は多くの場合 9～47 m，とくに 25 m 前後である（ただし，じつさいの場合には，樽網および身網には傾角が生じることが多いので，魚群の游泳層はこれより多少浅いと思われる）ことが，長い世代にわたる漁業者の経験からわかつていたのであるが，今回推定した産卵水深はよくこれと合う．もつとも，産卵水深の問題には時期的・地域的な変化がからみあい，もつと複雑なものであろうことは想像される．

6. 要　約

1958 年 5 月，能登半島沿海のマイワシ産卵場において，動力ポンプをもちいて，種々の水深からマイワシ卵を採集し，その垂直プロフアイルの時間的変化を調べた結果，受精後間もない桑実期から胞胚期にある卵について次のことが推定された．

1) この発育ステージにあるマイワシ卵群は海中を浮上する．

2) 卵群の重心移動状況からみて，このマイワシ卵の浮上速度は平均して 1 m/hr 前後である．

次に，マイワシ卵の理論的模型を構成し，それにもとずいて，同じ発育ステージにある卵の，採集の時と同比重の静止ないし層流海水中における浮上速度を計算したところ，上記の推定値とよい一致をみた．

おわりに，上記の浮上速度が，受精直後の卵膜未打挙の卵に対してあてはまると仮定して，マイワシ魚群の産卵水深を 10～45 m，とくに産卵活動の中心を 20 m よりすこし深いところと推定した．

文　献

1) 中井甚二郎・ほか，1955：
"昭和 24～26 年鰮資源協同研究経過報告." 東海水研，84 pp.

2) 伊東祐方・ほか，1954：
"能登海域におけるマイワシの産卵時刻と夜間の行動." 日水研年報，(1)，1–16.

3) ——，1957：
"イワシ類の生活史." 昭和 29 年鰮資源協同研究経過報告（日水研），53–107.

4) 内田恵太郎・ほか，1958：
"日本産魚類の稚魚期の研究 (I)." 九大農学部，89 pp.，86 pl.

5) Kanoh, Y., 1949：
"Ueber den japanischen Herring I. Morphologie des reifen Eies." Cytologia, **15**, 138–144.*

6) Yamamoto, K., 1952：
"Studies of fertilization in the dog-salmon, *Oncorhynchus keta* I. The morphology of the normal fertilization." J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Series VI, Zool., **11**, 81–93, 2 pl.

7) Svetlov, P., 1929：
"Entwicklungsphysiologische Beobachtungen an Forelleneiern." Arch. Ent-mech., **114**, 771–785.*

8) Bogucki, M., 1930：
"Recherches sur la perméabilité des membranes et sur la pression osmotique des oeufs des salmonides." Protoplasma, **9**, 345–*

9) Gray, J., 1932：
"The osmotic properties of the eggs of the trout (*Salmo fario*)." J. exp. Biol., **9**, 277–299.

10) Aoki, K., 1939：
"Ueber die Wasseraufnahme der Lachseier I." J. Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., Series VI, Zool., **7**, 27–38.

11) Yamamoto, T., 1936：
"Shrinkage and permeability of the chorion of *Oryzias* egg, with special reference to the reversal of selective permeability." J. Fac. Sci., Tokyo Imp. Univ., Series IV. Zool., **4**, 249–*

12) —— 1939：
"Mechanism of membrane elevation in the egg of *Oryzias latipes* at the time of fertilization." Proc. Imp. Acad. (Tokyo), **15**, 272–274.*

13) 山本時男，1954：
"キンギヨ及ワカサギの卵の受精並に賦活に伴う表層変化." 魚雑，**3**，162–170.

14) ——，1943：
"魚類の発生生理." 養賢堂，221 pp.

15) ——，1958：
"魚卵の受精生理." 発生生理の研究（団勝磨・山田常雄共編），73–135.

16) Krogh, A. *et al.*, 1938：
"The salt concentration in the tissues of some marine animals." Skand. Arch, Physiol., **80**, 214–222.*

17) Jacobsen, J. P. and A. C. Johansen, 1908：
"Remarks on the changes in specific gra-

* 直接に参照することを得なかつた．

vity of pelagic fish eggs and the transportation of same in Danish waters." Medd. Komm. Havundersog., Kbh., Ser. Fisk., **3**, (2), 1–24.*

18) 山本正, 1957:
"組織化学的に見たニシン卵の初期発生." 動雑, **66**, 289–294.

19) 大塚英司, 1958:
"メダカ卵の囲卵腔液の炭水化物成分とその由来." 動雑, **67**, 96–99.

20) Yamamoto, T., 1941:
"The osmotic properties of the egg of fresh-water fish, *Oryzias latipes*." J. Fac. Sci., Tokyo Imp. Univ., Series IV, Zool., **5**, 461–*

21) Shelbourne, J. E., 1956:
"The effect of water conservation on the structure of marine fish embryos and lavae." J. Mar. Biol. Ass. U. K., **35**, 275–286.

22) 西村三郎, 1958:
"ネツト採集によるプランクトン標本中にみられるマイワシ卵の卵黄崩壊現象とそれに関連した2, 3の問題." 日水研年報, (4), 87–103.

23) 神谷尚志, 1916:
"館山湾ニ於ケル浮性魚卵並ニ其稚児." 水講試験報告, **11** (5), 1–92, 5 pl.

24) Moore, J. P., 1899:
"Report on mackerel investigations in 1897." Rept. Commissioner, U. S. Comm. Fish and Fisheries for 1898. App-1, 1–22.*

25) 北原多作, 1898:
"鯛ノ産卵及ビ発生." 動雑, **10**, 317–322, 1 pl.

26) 水戸敏, 1957:
"スズキの卵発生と幼期." 九大農学芸雑誌, **16**, 115–124, 2 pl.

27) 青山恒雄・外垣信智, 1955:
"イトヨリダイ *Nemipterus virgatus* (Houttuyn) の卵発生 (予報)." 魚雑, **4**, 130–132.

28) Bromhall, J. D., 1954:
"A note on the reproduction of grey mullet, *Mugil cephalus* Linnaeus." Hong Kong Univ., Fish. J., (1), 19–34.*

29) Yusa, T., 1957:
"Eggs and larvae of flatfishes in the coastal waters of Hokkaido I. Embryonic development of the starry flounder, *Platichthos stellatus* (Pallas)." Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., (15), 1–14, 3 pl.

30) Budd, A., 1921:
"Development of the eggs and early larvae of six California fishes." Bull., Div. Fish & Game, State Cal., (56), 1–53.

31) Bowman, A., 1921:
"The distribution of plaice eggs in the North Sea II." Fish. Bd. Scotl., Sci. Invest., 1921 (1).*

32) Agassiz, A. and C. O. Whitman, 1885:
"On the development of some pelagic fish egg—Preliminary notice." Amer. Acad. Arts Sci., N. S., **7**, 23–75, 1 pl.*

33) Russell, F. S., 1926:
"The vertical distribution of marine macroplankton II. The pelagic young of teleostean fishes in the daytime in the Plymouth area, with a note on the eggs of certain species." J. Mar. Biol. Ass. U. K., **14**, 101–159.

34) Sette, O. E., 1943:
"Biology of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) of North America I. Early life history." U. S. Dept. Interior, Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., **50**, 149–237.

35) Polytov, I. A. i V. N. Tripolskaya, 1954:
"Pelagicheskaya ikra i lichinki morskikh ruib y beregov Kamchatki." Izvestiia TINRO, (41), 295–308 (in Russian).

36) Rass, T. S. i M. V. Zheltenkova, 1948:
"Nekotoruie dannuie ob ikhtioplanktone zapadnoi Kamchatki." Izvestiia TINRO, (28), 127–150 (in Russian).*

37) Hensen, V. und C. Apstein, 1897:
"Ueber die Eimenge der im Winter laichenden Fische. Die Nordsee Expedition, 1895, des Deutschen Seefischerei." Vereins. Wissensch. Meeresunter., N. F., **2**(2).*

38) Remotti, E., 1921:
"Variazioni di peso specifico nelle uova gallegianti dei Teleostei durante lo sviluppo." R. Comitato Talassogr. Italiano, Mem. 80.*

39) 遊佐多津雄, 1954:
"スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (Pallas), Alaska pollack の正常発生に就いて." 北水研報告, (10), 1–15, 7 pl.

40) Gorbynova, N. N., 1951:
"Ikra mintaya i eyo razvitie." Izvestiia TINRO, (34), 89–97 (in Russian).*

41) —, 1952:
"Razmnozhenie i razvitie mintaya." Avtoreferat dissertatsii, IOAN (in Russian).*

42) 内田恵太郎・ほか, 1958:
"ブリの産卵および初期生活史." 九大農学雑誌, **16**, 329–342, 2 pl.

43) 水戸敏, 1956:
"イシダイの卵発生と仔魚期." 九大農学芸雑

* 直接に参照することを得なかつた.

誌，**15**，501–505，1 pl.

44) 藤田矢郎，1956：
"シログチの卵発生と仔魚期." 九大農学芸雑誌，**15**，537–540.

45) 東北海区水研八戸支所，1959：
"キチジ *Sebastolobus macrochir* (Günther) の卵発生." 底魚情報，(21)，16–18.

46) 上野雅正・藤田矢郎，1954：
"キス *Sillago sihama* (Forskål) の卵発生." 魚雑，**3**，118–120.

47) 藤田矢郎・上野雅正，1956：
"コチの卵発生と仔魚前期." 九大農学芸雑誌，**15**，513–518.

48) ——・中原官太郎，1955：
"オニオコゼの卵発生と仔魚前期." 九大農学芸雑誌，**15**，223–228.

49) Ilina, P. V., 1951：
"Ikrinki i lichinki ruib, sobrannuie v Yssyriiskom zalive." Izvestiia TINRO, (35), 189–194 (in Russian).*

50) Kaganovskaya, S. M., 1954：
"O raspredelenii ikrui i lichinok nekotorukh ruib v zal. Petra Velikovo." Izvestiia TINRO, (42), 165–175 (in Russian).

51) 山本正，1955：
"メダカの卵子形成，特にその細胞化学的研究." 魚雑，**4**，170–181.

52) Yamamoto, T. S., 1956：
"Digestion of the egg envelopes and their chemical properties of the lamprey's egg, *Lampetra japonica*." J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Series VI, Zool., **12**, 273–281.

53) Nishimura, S., 1957；
"On some plankton animals occurring in spring off Wajima, Noto Peninsula, Japan Sea, with special reference to their vertical distribution." Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (3), 61–71.

54) 山田常雄・ほか，1955：
"発生の化学." 生命現象の化学（芦田譲治・ほか編），671–744.

55) 倉田自章，1956：
"初期発生の酵素系の変動." 蛋白質・核酸・酵素，1，32–37.

56) Amberson, W. R. and P. B. Armstrong, 1933：
"The respiratory metabolism of *Fundulus heteroclitus* during embryonic development." J. Cell. Comp. Physiol., **2**, 381–397.*

57) Needham, J., 1931：
"Chemical embryology." Cambridge Univ. Press, 2021 pp.*

58) 藤井隆，1950：
"アデノシン-3-燐酸（ATA）系." 最近の生物学，(3)，1–25.

59) 石田寿老，1955：
"発生の化学." 最近の生物学，(5)，29–52.

60) 尾形哲男，1955：
"スケトウダラの研究." 日水研底魚資源調査概要，(7)，14–36.

61) 西村三郎，1957：
"卵黄吸収完了時におけるマイワシ稚魚の体重の推定." 日水研年報，(3)，73–75.

62) 内橋潔・伊東祐方，1955：
"日本海におけるイワシ流網漁業者のみたイワシの生態とそれらに関する諸問題." 日水研調査資料，(5)，27 pp.

* 直接に参照することを得なかつた．

録　　事

1. 月例会

(1) 1月例会（1月1日．於東大）

1. 5900, 5915 号台風による東京湾・駿河湾の高潮について 関　重雄(気象庁) 2. 赤道湧昇流について 日高孝次(東大)

(2) 2月例会（2月9日．於気象庁）

1. 北太平洋水温の長年変化について 宇田道隆（東大水) 2. 二層（上層は均質，下層は密度変化）の海の循環の理論 市栄誉(気象庁，The Florida State University)（吉田代読) 3. Source と sink により生成される海流 市栄誉(気象庁，The Florida State University)（吉田代読)

(3) 3月例会（3月8日．於気象庁）

1. 内湾締切の後に於ける淡塩水の交換 奥田節夫(岡山大)（南日代読)

2. 幹事会議事録

(1) 1月幹事会（1月19日．於東大）

出席者（順不同） 半沢正男，中野猿人，吉田耕造，福岡二郎，南日俊夫，日高孝次，佐々木忠義，松江吉行，宇野木早苗．

○報告及び決定事項

(a) 役員選挙の件(佐々木幹事)

前年度通り選挙管理委員より選挙の通知を出す事を承認された．

(b) 科学技術会議からの問同せの件(半沢幹事)

科学科術会議から問合せている今後10年間の自然科学の発達に対する基本的な考え方に対し，企画で案を作り，2月9日の評議員会で計る事にした．

(c) 印度洋観測の件(日高会長)

学術会議の中に此の小委員会を作る為，学会より委員候補者を推薦する様にとの発言があり，次の14名が推薦された．此の中から，日高，宇田両氏が，選ぶ様両氏に一任した．尚，メンバーは船を持つている機関の長及び学識経験者によつて構成される．

福岡二郎，増沢譲太郎，南日俊夫，吉田耕造，佐々木忠義，松江吉行，元田　茂，丸茂隆三，三宅泰雄，菅原　健，深井麟之助，新野　弘，星野通平，奈須紀幸．

(d) Records of Oceanographical Works in Japan の件(松江幹事)

配布先を更に検討する事．雑誌の印刷訂正，論文題目等を学会誌にのせて，広く知らせる事．及び Records の編集等についても，編集委員会で強い要望があるので，学会から太平洋会議に要望書を提出する事になり，吉田南日両幹事に原案を作る様依頼した．

(e) 太平洋会議の件(日高会長)

ハワイ大学，ナショナルアカデミイー，ビショツプミュージイアムの主催により，1961年8～9月，ハワイで開かれる予定．

(f) 35年度学会及び総会の件

次の通り決定した．

開　催　日　4月8日(金)，9日(土)，10日(日)
会　　場　東大理学部2号館講堂
講演申込締切　2月末日

○懇親会 9日(土) 夜の予定

シンポジウム 7日(木) 会場は東海区水産研究所の予定．生物環境シンポジウムを行うが，その主題は学会から提案された「冷水塊の問題」とし度い．シンポジウムについては，水産学会の委員と海洋学会々委員，宇田幹事で打合せる．尚，「高潮のシンポジウム」と提案されたが，これは5月の地物連合で行う予定．

プログラムは従来通り印刷するが，今年より講演者は200字以内のアブストラクトをつける．此のアブストラクトは希望者に実費でわける．

(g) 秋季大会の件(福岡幹事)

候補地として第1候補に神戸，第2候補に福山があげられ，福岡幹事が交渉する事になつた．

(h) 海洋学会創立20周年記念会の件

此の件を春の総会の議題にのせる為，此の草案を企画で審議し，2月9日の評議員会に提出する事に決つた．

(i) 新入会員

Joseph L. Reid, Jr. (Scripps Institution of Oceanography)

(2) 2月幹事会（2月9日．於気象庁）

出席者（順不同） 増沢譲太郎，吉田耕造，南日俊夫，丸茂隆三，日高孝次，宇田道隆，佐々木忠義，福岡二郎，竹内能忠，平野敏行，半沢正男，中野猿人．

○報告及び決定事項

(a) 役員選挙の件(佐々木幹事)

立候補及び候補者推薦届出締切	2月25日
立候補者名及び推薦候補者名公示発送	2月10日
投票締切	4月5日
開　　票	4月6日

選挙管理委員には，次の5氏が推薦された．

佐々木忠義，宮崎道夫，宇野木早苗，半沢正男，渡辺精一．

(b) 海洋学会創立20周年記念事業の件(竹内幹事)

案

①記念号の発刊

○1冊250～300円位のもので，会員及び会員外に有料頒布する．寄附をとる．

○内容は次の様なものとする．

海洋学会の歴史．主な海洋業務を行つている官庁（水路部，気象庁，水産庁等)．日本を中心として各 branch に於ける海洋学の発達．海洋学年表．

○記念総会，記念講演会の開催

地方大会をこれに当てる．公開講演会，映画，研究発表会．映画は学会で企画し，文化映画を作る．

○学会の功労者に対し，会員の表彰を考える．

○記念事業実行委員をもうけて，細部の計画，及び実施は，此の委員会にゆだねる．

以上の様な案を総会で計る．

(c) 「海洋の科学」復刊の件(竹内幹事)

現在，学会では，会誌の他に，もう一つ持つと云う事は，不可能と考えられるので，再検討し，時機が来た時，

もう1度取り上げる事になつた.

(d)　科学技術会議からの問合せの件(竹内幹事)

3月8日の評議員会で承認を得て，科学技術庁に返事をする事となつた.

(e)　海洋総合研究所の件(日高会長)

(f)　Records of Oceanographic Works in Japan の件(南日幹事)

要望書の原案を松江，南田，吉田幹事より提出．これを会長より学術会議会長和達清夫氏宛提出する事に決つた.

(g)　東京地学協議会よりの問合せの件(半沢幹事)

地物連合の申し合せに従つて処理する事に決つた.

(h)　生物環境シンポジウムの件(福岡幹事)

日　　時　　4月7日　9時～12時半

会　　場　　東海区水産研究所第1会議室

主　　題　　黒潮縁辺の冷水塊

座　　長　　宇田道隆

講演予定者(案)　宇田道隆，福岡二郎，南日俊夫，水路部関係(岩田憲幸，彦坂繁雄等)　水産研究所関係(中井甚二郎等)　東北水研関係(木村喜之助，川合英夫等)の諸氏.

講演時間　　1人当り30分～35分

(i)　海洋学用語の件(宇田幹事)，経過報告，今後の処理を考える.

(j)　図書の件(増沢幹事)

○英国の Science Museum Library より会誌を希望して来たので交換として送付する事に決つた.

ソ連の Library of the Academy of Sciences よりは，学会として希望する図書についての問合せがあり，海洋関係の図書を多く送付する様依頼する事に決つた.

○会誌の発行部数を35年度より750部とする

○事務局の本棚を作る.

(k)　印度洋観測の件(日高会長)　経過報告.

(l)　CIG の報告(竹内幹事)

(m)　大会の件(福岡幹事)

○大会委員長は3月の評議員会で決める.

○特別講演については，宇田道隆氏，楠宏氏との案もあつたが新野弘氏の「ガラパゴス島」の講演に決つた.

○講演要旨はガリ版印刷とする.

(n)　新入会員(順不同)

新崎盛敏(東大農学部)，遠藤次雄(水路部)，松田尚一(水路部).

(3)　3月幹事会(3月8日．於気象庁)

出席者(順不同)　日高孝次，宇田道隆，丸茂隆三，南日俊夫，宇野木早苗，福岡二郎，半沢正男，宮崎道夫，増沢譲太郎，竹内能忠.

○報告及び決定事項

(a)　役員選挙の件

立候補者　関西地区　石橋雅義氏(京大理)

推薦候補者として，各地区定員の約3倍の候補者を推薦した.

(b)　編集委員の件(南日幹事)

松江編集委員長より，同委員の交代が評議員決定後，即ち，会誌1号発刊後の4月に行われる為，新編集委員は2号より引きつぐ事になる．印刷，体裁等の関係から1号の出ない12月に評議員の選挙によらない，同等の資格の与えられた交代を希望されたが会則を変えて迄，考える必要がないと云う事で見送られた.

(c)　朝日科学奨励金の件(福岡幹事)

3月25日迄に会長迄，推薦又は申し出の諸研究の中から候補を会長が選ぶ事に決つたが，3月8日現在吉田幹事より高橋竜太郎氏の「津浪の研究」が推薦されている.

(d)　科学技術会議よりの問合せの件(竹内幹事)

企画より案が提出され，評議員会で補足し，科学技術庁に提出する事に決つた.

(e)　印度洋国際調査の件(日高会長)　経過報告.

(f)　海洋総合研究所の件(日高会長)　経過報告.

(g)　秋季大会の件(福岡幹事)

第1候補地の神戸の都合が悪い為，第2候補地の福山と交渉する事になり，春の大会迄に下，交渉をしておく事に決つた.

(h)　プログラムの件(丸茂幹事)

○プログラムは本印刷．アブストラクトはガリ版印刷で実費をとるという事になつていたが，プログラムの本印刷費と，アブストラクト付のプログラムのガリ版印刷費と余り変らないので，本印刷をやめ，アブストラト付のプログクラムを会員に無料配布する事に決つた.

○プログラムの裏に広告をのせ，寄附をとる.

(i)　大会委員長は，寺田一彦氏とし，会長より依頼した.

(j)　新入会員(順不同)

Raymond B. Montgomery (Department of Oceanography, Johns Hopkins University)

辛広允(韓国中央水産試験場)，加賀美英雄(東大理学部)，小山忠四郎(名古屋大学理学部)

(k)　死亡会員

古川銑三郎

3.　寄贈交換図書

〔国内の部〕

○日本原子力研究所調査報告 $_{8,9,10,13}$；○日本原子力研究所研究報告 $_{3,5,6\text{-}A,A,B,C,7}$；　日本原子力研究所年報昭和33年度；保健物理部の活動 ○日本原子力研究所　第1回研究成果講演会予稿集；○共同利用説明書；○各国原子力情報 $_{54,55,56,57,58,59}$；○ユーラトム；○第2回国際連合原子力平和利用国際会議日本政府代表団報告；○淡水区水産研究所研究報告 $_{9,1}$；○運輸技術研究所報告 $_{9,8,9,10,11,12}$；○天文月報 $_{52,11,12,53,1,2,3}$；○日本航空学会誌 $_{7,68,69,70,71,72,73}$；○日本原子力学会誌 $_{1,5,6,7}$；○雪氷 $_{21,6,22,1}$；○東京工業試験所報告 $_{54,9,10,11,12,55,1}$；○農学研究所彙報 $_{11,1}$；○気象集誌 $_{37,5}$；○科学文献利用に関するシンポジウム議事録；○日本化学総覧 $_{33,10,11,12,34,1,2}$；○地質学雑誌 $_{65,769,770,771,772,773}$；○地質調査所月報 $_{10,7,8,9,10}$；○主要県立大学研究年報 $_{3,1,2}$；○放射線医学総合研究所年報昭和33年度；○北海道区水産研究所研究報告 $_{20}$；○東海区水産研究所研究報告 $_{25}$；○西海区水産研究所研究報告 $_{18}$；○南極資料 $_{8}$；○日本塩学会誌 $_{13,6}$；○函館海洋気象台要報 $_{6}$；○逐次刊行物目録昭和33年版；○北海道大学工学部研究報告 $_{22}$；○有明海域総合開発計画模型実験報告書；○小林理

学研究所報告 $9_{,1\text{-}2}$；○漁船研究技報 $_{13}$；○電波研究所季報 $5_{,21}$；○日本物理学会名簿 1959；○富士製鉄技報 $8_{,4}$；○巡航見本市船あとらす丸による洋上防錆試験報告；○非水溶液化学研究所報告 $9_{,1}$；○広島大学水畜学部紀要 $2_{,2}$；○北海道大学地球物理学研究報告 $_{7}$；○資源科学研究所彙報 $_{51}$；○東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告 $_{50}$；○東北大学理科報告(地質学) $31_{,1,2}$；○水道協会雑誌 $_{302,303,304,305,306}$；○気象要覧 $_{709,710,711,712,713,714,715,716,717}$；○気象月報 昭和34年 $_{4,5,6,9,7,8,10,11}$；○気象庁海洋気象観測資料 $_{24}$；○気象庁欧文海洋報告 $11_{,1}$；○気象庁欧文彙報 $29_{,3}$；○気象庁彙報 $40_{,4}$；○験震時報 $24_{,1,2,3}$；○気象庁研究時報 $11_{,3,4,5,6,7,8}$；○Papers in Meteorolagy and Geophysics $10_{,1}$；○Journal of Sciance of the Hiroshima University 18；○Sciantific Papers of the College of General Education $9_{,2}$；○Ionospheric Data in Japan $11_{,8,9,10,11}$；○The Sciance Report of the Tohoku University $11_{,2}$；○Report of Transportation Technical Research Institute $_{40,41}$；○Transactions of Japan Society for Aeronautical and Space Sciences $2_{,2,3}$；○Publications of the Astronomical Society of Japan $11_{,3,4}$；○The Scientific Reports of the Whales Research Institute $_{14}$；

〔国外の部〕

○The International Hydrographic Review 36, 37；○Kurze Mitteilungen aus dem Institut für Fischereibiologie der Universität Hamburg 9；○Magnetograms and Hourly Values 1955 (Jucson, Arizona；Sam Juan, P. R.), 1956 (Sitka, Alaska；Honolulu, T, H.；Jucson, Arizona) ○Fishery Investications 15；○Bulletin of the American Museum of Natural History $114_{,4,5}$；○Novitates 1876, 1884；○Chesapeake Bay Institute (Technical Report 18)；○Bulletin $_{21,22,23,24,25}$；○Contributions to Marine Microbiology $_{2}$；○Woods Hole Oceanographic Instittution (Reference No. 59–9, 59–54)；○Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom $38_{,3}$；○The Polar Record $9_{,53}$；○Allan Hancock Foundation Publications $_{21,22}$；○The Marine Observer $29_{,185,186}$；○World Fisheries Abstracts $10_{,3,4,5}$；○Pacific Science $13_{,4}, 14_{,1}$；○Kieler Meereforschungen $14_{,1,2}$；○Deutsche Hydrographische Zeitschrift $12_{,3,4}$；○Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremnrhaven $6_{,2}$；○地理学報 $25_{,5,6}$；○土木工程学報 $_{10,11,12}$，慶祝建国十周年専号；○Technical Report (U. S. Navy Hydrographic Office) Jan. 1956, Oct. 1956, Aug. 1957, July 1958, 1958, 1959；○Special Publication (U. S. Navy Hydrographic Office) July 1957；○Oceangraphic Atlas Polar Seas (U. S. Navy Hydrographic Office) 1957–1958.

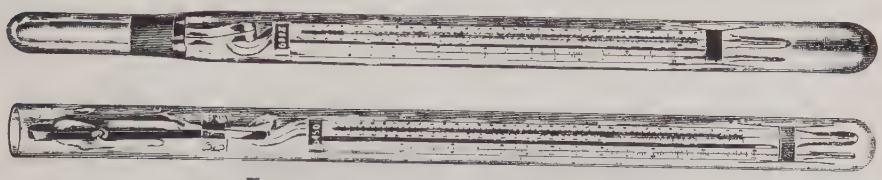
REVERSING THERMOMETER

渡部式転倒温度計
木枠式転倒温度計
水温計各種

赤沼式海水用比重計
温度基準器各種
湿度計・水銀リレー

株式会社 渡部計器製作所

東京都文京区東片町114　　電話 小石川 (92) 5954番 0044番

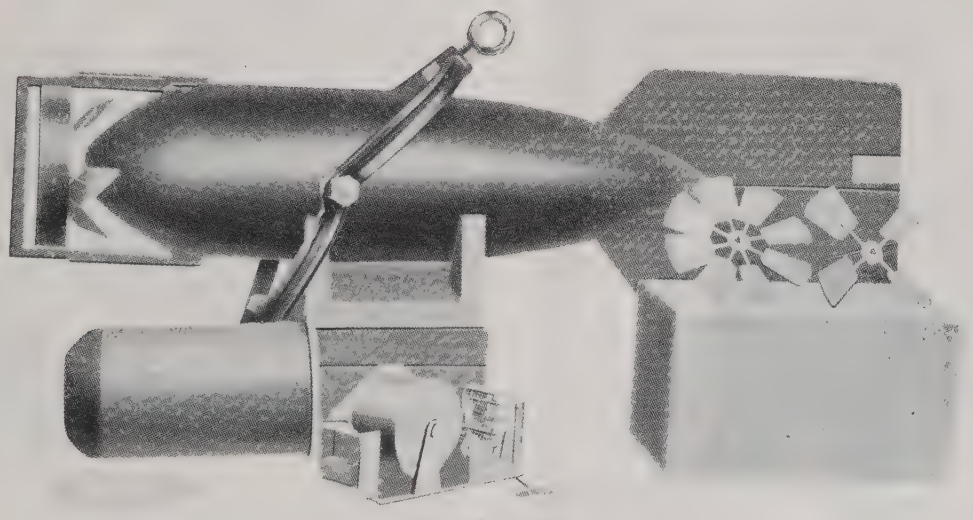


TELEGRAPHIC CODE: STWKEIKI

WATANABE KEIKI MANUFACTURING COMPANY LTD.

114 Higashikata-machi. Bunkyo-ku Tokyo.

JAPAN



(小野式自記流速計)

営業品目

小野式自記流速計・発電型流速計
土圧計・自記水位計
遠隔指示水位計・フース型検潮器
自記波高計・自記波圧計
階段抵抗式波高計・その他海洋観測諸計器

協和商工株式会社

東京都豊島区椎名町1丁目1804番地

電話 (951) 1858・8147番

T.S.K 株式会社 鶴見

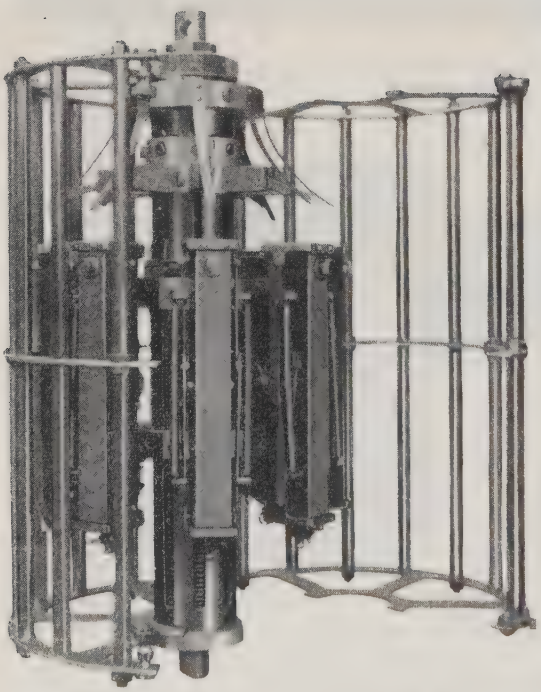
THE TSURUMI SEIKI

No. 1506 TSURUMI, TSURUMI-

The Synthetic Maker Instruments and the

T.S.—SEA SAMPLER

(T.S.—多層採水器)



(1) 一回の観測にて

(2) 下層 200m より順次 150—100—75—50—30—20—10 m の順に採水

(3) 各層に於ての深度誤差 3% 以内

(4) 一筒の採水量 200 cc

This instrument can obtain water samples,

(1) by only one operation.

(2) from 200 meter low layer to the surface in order of 200 M—150 M—100 M—75 M—50 M—30 M—20 M and 10 M.

(3) Depth error: less than ±3%.

(4) Volume of water canisters: 200 cc. each.

株式会社 鶴見精機工作所

精　機　工　作　所

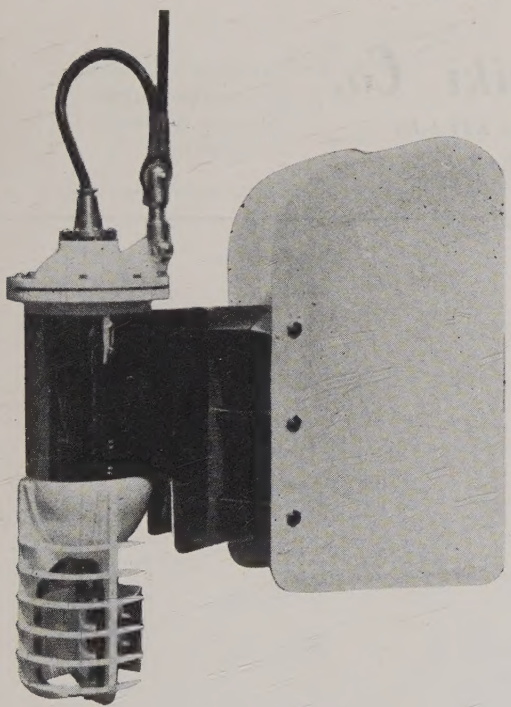
KOSAKUSHO CO., LTD.

KU, YOKOHAMA, JAPAN

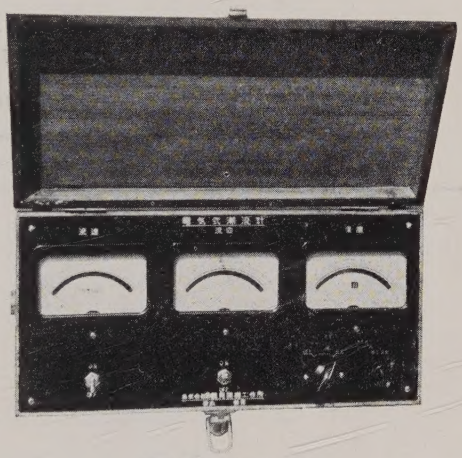
of the Oceanographic Marine Instruments

T.S.—ELECTRIC CURRENTMETER

(T.S.—電気式流速計)　(米国海軍水路部納入 1959)



発信器



直読指示器

(1)　流向 0—360 度最小目盛 5 度
(2)　流速 15. cm/sec～150 cm/sec, 最小目 2 cm.
(3)　深度 0～200 m, 0～300 m, 最小目 2.5 m.
(4)　水温付のものは御要求により製作

Supplied to U.S. Navy Hydrographic Office in 1959.

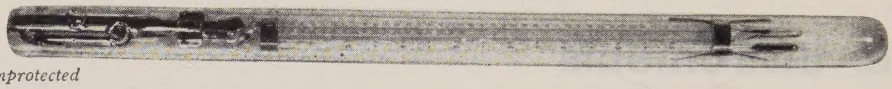
(1)　Direction—0～360°: 5° graduation.
(2)　Velocity—15. cm/sec.～150 cm/sec.: 2 cm. graduation.
(3)　Depth—two kinds: 0～200 M type & 0～300 M type, graduation 2.5 m.
(4)　We are able to furnish the instrument with thermometer if desired.

岩宮測器研究所

所長　岩宮政雄

REVERSING TERMOMETER

Protected



Unprotected

Patented parallax-free back scale, opal glass back sheath enable precise measurement.
Write for details

KYS **Yoshino Keiki Co.**

1-14, NISHIGAHARA KITA-KU
TOKYO JAPAN

Standard Thermometer
Precise Thermometer
Mercury Barometer
Hygrometer

Announcment for foreign members

Beginning from the 1959 fiscal year, namely from April 1, 1959 (Volume 15, No 1), the annual foreign membership dues of the Oceanographical Society of Japan will be U.S. $2.50 (¥900).

Please make remittances payable to and send direct to :—

The Oceanographical Society of Japan
c/o Geophysical Institute,
University of Tokyo
Yayoi-cho, Bunkyo-ku
Tokyo, Japan.

Annual dues for foreign members who are now in Japan and wish to receive the Journal at their present addresses in Japan will be ¥600.

昭和33年12月の役員会において，昭和34年度より日本人会員で目下，外国にあり雑誌を自分が現在いるところに送つてもらいたいものの会費を米貨2ドル50セント（邦貨900円）に改訂することが決められましたので御承知下さい。なお在外日本人で雑誌の留守宅送付を希望する向の会費は在来通り600円です。

昭和34年4月15日印刷
昭和34年4月20日発行　日本海洋学会誌　第16巻第1号

定価 ¥200　送料 ¥20

編集者　松江吉行

発行者　日本海洋学会
東京大学理学部地球物理学教室内
東京都文京区弥生町
振替番号：東京173123

印刷所　大東印刷工芸株式会社
東京都中央区新富町2ノ19

JOURNAL OF THE OCEANOGRAPHICAL SOCIETY OF JAPAN

BOARD OF EDITORS

Editor-in-Chief	Yoshiyuki MATSUE	University of Tokyo
Assistant Editors	Mashito NAKANO	Japan Meteorological Agency
	Toshio NAN'NITI	Meteorological Research Institute
	Hiroshi NIINO	Tokyo University of Fisheries
	Rinnosuke FUKAI	Tokai Regional Fisheries Reserch Laboratory
	Kozo YOSHIDA	University of Tokyo
	Yuzo KOMAKI	University of Tokyo

* * *

The JOURNAL OF THE OCEANOGRAPHICAL SOCIETY OF JAPAN is a medium for the publication of original paper in oceanography and closely allied fields. It is published quarterly by the Oceanographical Society of Japan. The annual dues for the types of membership available in the Society are: Domestic Member ¥600, Oversea Member $2.50 (¥900), and Sustaining Member ¥5000. The subscription price of the Journal is ¥800 per year to nonmembers. Foreign subscription carry an additional charge for postage $1.00 (or equivalent amount in Japanese currency according to the prevailing official rate of exchange).

Subscribers are requested to make remittance payable to the Oceanographical Society of Japan. Subscription orders, claims for missing numbers, change of address, and other business correspondence should be addressed to the Oceanographical Society of Japan, c/o Geophysical Institute, University of Tokyo, Yayoi-cho, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

* * *

Information for contributors

1. Authors must be, in principle, members of the Oceanographical Society of Japan, but there is no objection if co-authors are non-members.
2. The date of receipt of a manuscript is when the editorial board receives it. The manuscript should be one which has been read at an open meeting and has not been printed elsewhere. The reading of the manuscript at an annual or a monthly meeting of the Oceanographical Society of Japan is desirable. The manuscript should be provided with the date, the name and the place of the meeting at which it was read. Every manuscript should be sent *directly* to **the Oceanographical Society of Japan, c/o Geophygical Institute, the University of Tokyo; Yayoi-cho, Bunkyo-ku, Tokyo Japan.**
3. All contributions to the Journal should be written in Japanese or in occidental languages. In the latter case, English language is desirable.
4. The manuscript must be clear and brief, and its length should not exceed **10** pages when printed in the Journal. This nearly corresponds to 25 double-spaced typewritten pages including figures. and tables. The author is requested to pay page charges ($5.00 per page) necessary for printing the **exceeded** pages. All manuscripts should be prepared with special attention to following articles.
   (a) All manuscripts should be typewritten with double-space.
   (b) Title, author's name and affiliation are required at the beginning of each manuscript.
   (c) Each figure must be drawn in black ink or Indian ink for direct photographic reproduction. The original drawing, particularly characters and symbols for the lettering of illustrations, should be large enough to remain clearly legible when reduced.
   (d) Figures and tables should be confined to necessary ones. The author might be requested to pay charges necessary for printing them when they are particular or exceed 8 sheets.
   (e) Each figure and table must be provided with an adequate legend.
   (f) Mathematical formulae in the manuscript should be written clearly with a wide space above and below each character.
   (g) References should be grouped at the end of the paper and arranged alphabetically by authors' name.
   (h) The form and style of each article should be referred to the Journal subsequent to volume 12.
5. The editoral board of the Journal might revise or request the author to revise the submitted manuscript. A manuscript which is against the above mentioned articles will not be accepted. The author must read, in principle, the galley proof.
6. The author (or authors) of each article will receive a total of 50 *free* reprints (with covers). Additional reprints with or without covers may be ordered by authors when galley proofs are returned at the cost of printing (including postage).
7. The closing days of manuscripts and the days of publication of each number of the Journal are as follows;

No. 1	Jan. 31	Mar. 31
No. 2	Apr. 30	Jun. 30
No. 3	Jul. 31	Sep. 30
No. 4	Oct. 31	Dec. 31